

DANIELLE NAVARRO RAMOS

**PROPOSTA DE IMPLANTAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE
PROCESSO EM UMA LINHA DE ENVASE DE COSMÉTICOS**

**Projeto técnico apresentado à Universidade
Federal do Paraná como requisito para
obtenção do Título de Especialista no curso
de pós-graduação em Gestão da Qualidade**

Orientador: Prof. M.Sc. Walter Nikkel

CURITIBA

2009

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu esposo, pelo estímulo, apoio, paciência e carinho.

A minha mãe, pelo constante incentivo e amor incondicional, sem os quais esta conquista não seria possível.

Ao meu orientador Prof. M.Sc. Walter Nikkel pelo seu incentivo, dedicação, sabedoria e auxílio para a realização deste trabalho.

Aos Professores da Pós-Graduação em Gestão da Qualidade.

Aos meus amigos e colegas do Curso de Pós-Graduação em Gestão da Qualidade, pelos bons momentos de convivência.

Aos que, embora não citados, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

“O futuro tem muitos nomes.

Para os fracos, é o inatingível.

Para os temerosos, o desconhecido.

Para os corajosos, a oportunidade”

(Victor Hugo)

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - GRÁFICO DAS ÁREAS SOB A CURVA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL ...	13
FIGURA 2 - GRÁFICO REFERENTE À UM PROCESSO ISENTO DE CAUSAS ESPECIAIS.....	14
FIGURA 3 - GRÁFICO REFERENTE A UM PROCESSO COM CAUSA ESPECIAL ALTERANDO A MÉDIA DO PROCESSO.....	14
FIGURA 4 - GRÁFICO DE UM PROCESSO COM CAUSA ESPECIAL ALTERANDO A MÉDIA E AUMENTANDO A VARIABILIDADE DO PROCESSO.....	15
FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO E ESTABILIDADE DO PROCESSO	16
FIGURA 6 - GRÁFICO DE UM PROCESSO INSTÁVEL.....	21
FIGURA 7 - EXEMPLO DE GRÁFICO COM UM PROCESSO ESTÁVEL E AJUSTADO	22
FIGURA 8 - EXEMPLO DE GRÁFICO DA MÉDIA X.....	24
FIGURA 9 - EXEMPLO DE GRÁFICO DA AMPLITUDE R.....	26
FIGURA 10 - GRÁFICO DE UM PROCESSO COM CAUSA ESPECIAL ALTERANDO A MÉDIA E AUMENTANDO A VARIABILIDADE DO PROCESSO.....	28
FIGURA 11 - ANÁLISE GRÁFICA DE CAPABILIDADE DE PROCESSO	31
FIGURA 12 - CP E CPK BAIXOS	35
FIGURA 13 - CP E CPK BONS	36
FIGURA 14 - CP E CPK ALTOS.....	36
FIGURA 15 - CP ALTO E CPK BAIXO	37
FIGURA 16 - GRÁFICO DA MÉDIA DO PRODUTO X.....	43
FIGURA 17 - GRÁFICO DA AMPLITUDE DO PRODUTO X.....	43
FIGURA 18 - ANÁLISE DA CAPACIDADE DO PROCESSO DO PRODUTO X.....	45
FIGURA 19 - GRÁFICO DA MÉDIA DO PRODUTO Y	47
FIGURA 20 - GRÁFICO DA AMPLITUDE DO PRODUTO Y.....	48
FIGURA 21 - ANÁLISE DA CAPACIDADE DO PROCESSO DO PRODUTO Y.....	49
FIGURA 22 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	51
FIGURA 23 - GRÁFICO DA MÉDIA DO PRODUTO X APÓS AÇÕES IMPLANTADAS	54

FIGURA 24 - GRÁFICO DA AMPLITUDE DO PRODUTO X APÓS AÇÕES
IMPLANTADAS.....54

FIGURA 25 - GRÁFICO DA MÉDIA DO PRODUTO Y APÓS AÇÕES IMPLANTADAS55

FIGURA 26 - GRÁFICO DA AMPLITUDE DO PRODUTO Y APÓS AÇÕES
IMPLANTADAS.....55

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - CAUSAS ALEATÓRIAS E ESPECIAIS.....	15
QUADRO 2 - VALORES DA MÉDIA E AMPLITUDE DO PRODUTO X	41
QUADRO 3 - TOLERÂNCIAS INDIVIDUAIS ADMISSÍVEIS PARA MASSA E VOLUME	42
QUADRO 4 - VALORES DA MÉDIA E AMPLITUDE DO PRODUTO Y	46
QUADRO 5 - PLANO DE AÇÃO.....	52

LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEP	Controle Estatístico de Processo
C _p	capacidade (capabilidade) do processo
C _{pk}	capacidade (capabilidade) do processo
d ₂	constante
d ₃	constante
g	gramas
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
LIC	limite inferior de controle
LSC	Limite superior de controle
LIE	limite inferior de especificação
LSE	limite superior de especificação
LM	linha média
TQM	Gerenciamento da Qualidade Total
μ	média da população
\bar{X}	média da população
σ	desvio-padrão
Σ	somatória
n	tamanho da população
R	amplitude
m	número de amostras

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVO DO TRABALHO	1
1.1.1	Objetivo Geral	1
1.1.2	Objetivos Específicos	1
1.2	JUSTIFICATIVA	2
1.3	METODOLOGIA	2
2	REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA	4
2.1	A indústria de Cosméticos	4
2.2	Controle de Qualidade	5
2.3	Controle Estatístico da Qualidade	6
2.4	Controle Estatístico de Processos (CEP)	8
2.4.1	Panorama Histórico do Controle Estatístico de Processos	8
2.4.2	Conceituando Controle Estatístico de Processos (CEP)	9
2.5	Ferramentas para o CEP	17
2.5.1	Gráficos de controle	19
2.5.1.1	Gráfico de \bar{X} (média amostral)	23
2.5.1.2	Gráfico R (amplitude)	25
2.5.2	Diagrama de causa e efeito (Ishikawa)	29
2.5.3	5W2H	29
2.6	Capacidade do processo	29
2.6.1	Índices de capacidade	32
2.6.1.1	Índice de Capacidade do Processo (C_p)	33
2.6.1.2	Índice de Desempenho do Processo (C_{pk})	34
3	A EMPRESA	37
3.1	Descrição Geral	37
3.2	Diagnóstico da Situação	38
3.3	Dificuldades enfrentadas	38
4	PROPOSTA DO PROJETO	39

5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
6	CONCLUSÕES	58
7	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	61
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
	ANEXOS	68

APRESENTAÇÃO

Este trabalho tem como objetivo a implantação do controle estatístico do processo (CEP) em uma indústria de cosméticos, localizada na região de Curitiba – PR.

Considerando a ênfase das empresas em implementar melhoria de processo e produtos e implementação de controle de qualidade, este estudo propõe uma análise do processo produtivo para implementação de ferramentas estatísticas.

A melhoria da qualidade atua sobre os processos, produtos e serviços a fim de alcançar níveis de desempenho sem precedentes. Durante a fase de controle da qualidade, por meio de utilização do CEP, o desempenho do processo pode ser medido e avaliado. Isso possibilita o surgimento de oportunidades de melhoria ou aparecimento de problemas que possam ser resolvidos para que o processo possa ser aprimorado. Acompanhar o processo sistematicamente é muito importante para evitar que problemas resolvidos reapareçam, porém o investimento na manutenção dos níveis atuais não assegura sua efetividade ao longo do tempo. É preciso, então, buscar sempre o aprimoramento; e conforme o processo de melhoria da qualidade vai avançando, o CEP vai se tornando menos usado para a rotina de controle da qualidade e mais usado como ferramenta para a melhoria da qualidade.

A importância do trabalho em analisar o processo produtivo e propor a implementação das ferramentas básicas do CEP na indústria de cosméticos vai ao encontro das necessidades da empresa. Para que isto ocorra, devem-se descobrir quais elementos do CEP podem ser aplicados na empresa a baixo custo e que possam trazer ganho na produtividade, com eliminação do desperdício no processo de fabricação e também melhorar a qualidade dos produtos finais.

1 INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO DO TRABALHO

1.1.1 Objetivo Geral

Analisar o processo produtivo de uma indústria de cosméticos e propor a aplicação de ferramentas básicas do Controle Estatístico de Processos como método de identificar possíveis problemas que possam interferir no bom andamento do processo produtivo e na qualidade do produto.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para a aplicação das ferramentas do CEP será necessário:

- Elaborar projeto de implementação de inspeção de qualidade e de Controle Estatístico de Processo;
- Identificar as características de qualidade do processo que devem ser monitoradas;
- Selecionar as cartas de controle que melhor se aplicam à característica de qualidade a ser monitorada;
- Desenvolver um procedimento para a construção das cartas de controle;
- Realizar análise estatística do processo;
- Analisar as cartas de controle e identificar os fatores das causas especiais;
- Verificar o peso dos produtos e avaliar a porcentagem de perda da empresa com produtos fora do peso declarado;
- Analisar se o processo está fora do controle estatístico.

1.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente, muitas pesquisas têm encontrado no Controle Estatístico de Processo uma saída simples, rápida e de fácil compreensão, para problemas de qualidade nas empresas de pequeno porte, pois o CEP proporciona o controle da qualidade exercido durante a execução do processo. O CEP tem objetivo de evitar que itens de qualidade insatisfatória sejam produzidos, melhorar a qualidade da produção, reduzir custos de produção, evitar refugo e retrabalho, maximizar a produtividade, identificar e eliminar causas de perturbações do processo

A idéia principal do controle estatístico do processo é melhorar os processos de produção com menos variabilidade proporcionando níveis melhores de qualidade nos resultados da produção. É muito comum nas fábricas que processos industriais não sejam otimizados no sentido de serem caracterizados por altos níveis de eficiência, no entanto, dentro do CEP existem ferramentas para monitorar o processo e, portanto, melhorá-lo.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada visa verificar se os produtos pesados estão dentro do peso declarado na embalagem e visa identificar as causas comuns (fonte de variação que está sempre presente como parte da variação inerente do processo) e as causas especiais (fonte de variação que fica fora do processo e é, portanto, intermitente, imprevisível e instável) que podem ocorrer no processo de envase dos produtos. A aplicação da metodologia ocorre através do uso das ferramentas da qualidade como gráficos de controle, histograma, desvio padrão e cartas de controle; e será dividida em quatro partes:

1. Fase de análise: nesta fase define-se de que maneira será feita a coleta das amostras para pesagem (obtenção dos dados), é definido o produto para

pesagem e também a periodicidade da pesagem. Essa etapa estabelece um método para medir desempenho em qualidade, em produtividade. Os principais elementos da etapa são: desenvolver métodos de medição, coletar dados,

1. Fase de construção: nesta fase é definido o tipo de gráfico utilizado para cada item de controle escolhido. Através do uso do CEP (Controle Estatístico do Processo), será calculada a média, o Limite Superior e o Limite Inferior de Controle. Estes limites servem para referenciar o comportamento do processo para a pesagem, ao longo de um determinado período.
2. Fase de utilização: nesta fase utilizamos os gráficos de controle e os limites que foram definidos na fase de construção para realizar o controle estatístico do processo de pesagem do produto. Nesta etapa determina-se a variação natural ou inerente a um processo. Também fornece critérios de aceitação ou rejeição do processo e dar as diretrizes para as ações corretivas.
3. Elaboração do plano de ação: após o estudo das ferramentas escolhidas na fase de construção esta fase utiliza-se da ferramenta 5W2H para definir quais serão as ações corretivas e preventivas aplicadas ao processo.

O levantamento dos dados foi feitos no setor de envase, com 2 produtos para o início do estudo.

Inicialmente foram escolhidos dois produtos para o levantamento dos dados, produtos X e Y. Foi verificado o tamanho do lote de cada produto e calculado o tempo de envase de cada um deles para então ser definido o número de amostras por intervalo de tempo.

Os produtos foram pesados e seus pesos foram anotados no gráfico de controle contendo também o horário da pesagem, a máquina de envase, linha de envase, o amostrador, nome e peso líquido do produto (ANEXOS I e II). O peso da embalagem vazia foi calculado através do tamanho do lote da embalagem e retirado uma amostragem baseado na NBR 5426 (ABNT, 1985), que trata de Planos de amostragem e procedimentos na inspeção de atributos e na NBR 5427 (ABNT, 1985), Guia para utilização da NBR 5426. A amostragem foi de nível geral I e plano de amostragem simples (ANEXO V e ANEXO VI).

Para isso trabalhamos com o nível aceitável de 125 amostras de embalagens para pesagem, considerando o tamanho do lote.

2 REVISÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

2.1 A indústria de Cosméticos

A Indústria Brasileira de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos apresentou um crescimento médio deflacionado composto de 10,6% nos últimos 13 anos, tendo passado de um faturamento "ExFactory", líquido de imposto sobre vendas, de R\$ 4,9 bilhões em 1996 para R\$ 21,7 bilhões em 2008. No período de janeiro a junho de 2009, o crescimento das vendas da indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos foi estimado em 18%.

Vários fatores têm contribuído para este excelente crescimento do Setor, dentre eles a participação crescente da mulher brasileira no mercado de trabalho; a utilização de tecnologia de ponta e o conseqüente aumento da produtividade, favorecendo os preços praticados pelo setor, que tem aumentos menores do que os índices de preços da economia em geral; os lançamentos constantes de novos produtos atendendo cada vez mais às necessidades do mercado e o aumento da expectativa de vida, o que traz a necessidade de conservar uma impressão de juventude (ABIHPEC, 2009).

A sobrevivência das empresas no mercado competitivo atual está diretamente ligada à produção de itens de qualidade a um baixo custo. Nesse sentido, uma série de estratégias foram concebidas nas últimas décadas, com o objetivo de assegurar a qualidade de processos e produtos industriais, proporcionando seu controle efetivo.

2.2 Controle de Qualidade

As questões da qualidade têm existido desde que chefes tribais, reis e faraós governavam. O código de Hammurabi, datado de 2150 a.C. estabelece que inspetores fenícios eliminavam quaisquer violações reincidentes de padrões de qualidade amputando a mão do fabricante do produto defeituoso. Inspetores aceitavam ou rejeitavam produtos e faziam cumprir as especificações governamentais. Com o surgimento da Revolução Industrial, a produção em massa de bens manufaturados se tornou possível através da divisão do trabalho e da criação de peças intercambiáveis, entretanto, isso criou problemas para aqueles que estavam acostumados a ter seus bens feitos sob medida (MELO, 2004).

A qualidade tornou-se um fator significativo, conduzindo empresas nos mercados nacional e internacional ao êxito organizacional e ao crescimento. O retorno sobre o investimento obtido por meio de rigorosos e eficazes programas de qualidade está gerando excelente rentabilidade nas empresas quando acompanhado de melhorias significativas na produtividade total, com menos custos e significativa liderança competitiva. Constituindo em sua essência um meio para gerenciar a organização (BEZERRA e MOURA, 2004).

De acordo com PALADINI (1990) o controle de qualidade tem como principal objetivo à busca de melhoria no produto, nos serviços, nas atividades, na visão do trabalho, na produtividade, entre outros. Esta melhoria está intimamente ligada aos melhores níveis de qualidade obtidos, trazendo os seguintes benefícios: aumento da produtividade; redução de custos e perdas; redução nos prazos de entrega; redução na inspeção; aumento do prestígio da empresa; menor número de reclamações; melhoria no moral dos empregados; maior interesse nas atividades; motivação para melhorar o trabalho; aprimoramento de métodos; otimização do tempo na realização das tarefas e melhor disponibilidade dos dados.

Nesse cenário, uma forma de aumentar a capacidade produtiva e a qualidade dos produtos é a melhoria de processos. Esse tipo de melhoria pode ser alcançado de forma efetiva mediante a utilização de métodos estatísticos e ferramentas da qualidade.

Tais métodos e ferramentas permitem que os dados gerados pelo processo possam ser interpretados, analisados e as conclusões tiradas (RAMOS, 2000).

2.3 Controle Estatístico da Qualidade

O controle de qualidade é tão antigo quanto a indústria. Os produtores sempre fizeram o controle das peças durante o processo de fabricação. O que tem evoluído é a forma de executá-lo. Durante muito tempo foi realizado pela tradicional forma de inspeção, medindo e separando as peças boas das ruins. Era um processo caro, pois perdia-se ou retrabalhava-se muitas peças (DINIZ, 2001).

A partir de 1920 começou-se a desenvolver o Controle Estatístico da Qualidade, de forma a reduzir ao mínimo a quantidade de peças inspecionadas, criando-se o controle por amostragem.

Entre 1900 e 1930, com o advento da era industrial, pressionados pela crescente concorrência e pela complexibilidade dos processos, iniciou-se uma nova fase para o controle da qualidade. Essa foi a era da inspeção. No início, as inspeções eram feitas no produto acabado e tinham por objetivo evitar que itens defeituosos chegassem ao consumidor. Nenhuma técnica estatística era usada. No final dos anos 20, como decorrência da crescente complexibilidade dos processos e da maior concorrência do mercado, iniciou-se a utilização de técnicas estatísticas para o controle dos produtos. Em 1924, foi criado Inspection Engineering Department of Western Electric's Bell Telephone Laboratories, do qual foram membros personalidades como R.B.Miller, G.D.Peterson, H.F.Dodge, G.D.Edwards, P.S.Olmstead, M.N.Torrey e outros, aos quais devemos importantes trabalhos pioneiros de desenvolvimento de teorias e métodos de controle da qualidade, incluindo critérios para a seleção e amostragem. A primeira carta de controle da qual se tem registro foi desenvolvida por Shewhart em 1924 e ficou conhecida como "Carta de Controle de Shewhart" (MELO, 2004).

Em meados de 1980 tornou-se claro que uma economia globalizada desenvolvida em empresas localizadas em um só país teria que competir não apenas com

concorrentes locais e nacionais, mas também com concorrentes de todas as partes do mundo. Essa economia globalizada se desenvolveu devido a vários fatores, incluindo a rápida expansão das comunicações mundial e o crescimento das disponibilidades e do poder da informatização. Num ambiente como esse é de importância vital que as organizações sejam capazes de responder rapidamente às variações nas condições de mercado, incorporando os mais eficazes métodos gerenciais, entre eles o Controle Estatístico da Qualidade (BEZERRA e MOURA, 2004).

Embora monitorar e garantir a qualidade pareçam ser fatores primordiais à sobrevivência e à manutenção da competitividade da indústria no presente contexto mundial ocasionado pela globalização, foi nos últimos 50 anos que a qualidade e seu gerenciamento foram realmente estudados a fundo, proporcionando o que hoje é conhecido genericamente por Gerenciamento da Qualidade Total (TQM) (ALMAS, 2003).

O Gerenciamento de qualidade total focaliza a qualidade sob os aspectos administrativos, os padrões de qualidade, liderança empresarial, melhoria contínua, qualidade no produto e no planejamento do processo, problemas de qualidade identificados na fonte e a colocação da qualidade como responsabilidade de todos. Apesar disso, a definição dos aspectos de qualidade não é suficiente. Na prática, é necessário do uso de ferramentas para tomar as decisões corretas em qualidade. Essas ferramentas são fornecidas pela área de estatística na identificação dos problemas de qualidade, no processo de produção assim como no produto propriamente dito (ACHCAR, 2009).

Por trás da metodologia de Gerenciamento da Qualidade Total existe uma série de diferentes ferramentas que podem ser usadas para melhorar a qualidade do produto, sendo o Controle Estatístico de Processo uma das mais amplamente difundidas e aplicadas atualmente.

Uma dessas ferramentas, o Controle Estatístico do Processo, é o objeto de estudo deste trabalho.

2.4 Controle Estatístico de Processos (CEP)

2.4.1 Panorama Histórico do Controle Estatístico de Processos

O CEP teve seu início por volta de 1924 com Walter A. Shewhart que desenvolveu e aplicou os gráficos de controle nos Bell Telephone Laboratories (COSTA *et al*, 2004).

Após a publicação do seu livro “Economic Control of Quality Manufactured Product” em 1931, introduzindo a idéia da aplicação da estatística nos processos de produção, houve uma revolução no enfoque gerencial da qualidade que passou da simples inspeção para detecção de falhas no processo ao controle integral do processo.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) é uma ferramenta de análise que tem sido usada nas atividades onde se deseja meios de controle da qualidade no ambiente de trabalho. Os meios estatísticos não são novos, seus conceitos são conhecidos desde a Revolução Industrial, com a introdução do termo de controle de qualidade. Foi, porém, a partir da II Guerra Mundial, quando o exército americano exigiu a adoção do Controle Estatístico da Qualidade para reduzir o número de peças defeituosas fabricadas pela indústria bélica, que a questão envolvendo controle estatístico e qualidade teve um enorme incremento. Nos dias de hoje, a teoria original do CEP, além de ter sido impulsionada com sucesso pelos Japoneses, seguindo os conceitos introduzidos por Deming e Juran, foi também expandida em seus procedimentos para aumentar sua eficiência, impulsionada pelo trabalho de dois japoneses, Taguchi e Ishikawa (BASTOS FILHO, 1998).

2.4.2 Conceituando Controle Estatístico de Processos (CEP)

O uso das técnicas estatísticas garante exatidão eliminando palpites em favor da precisão, do conhecimento comprovado daquilo que se pesquisa. As empresas precisam ser francas e corajosas para admitir que fazem produtos/serviços com defeitos. E, uma vez que este fato é admitido, precisam tomar providências. Muitas vezes não ocorre o sucesso porque executivos e gerentes não estão fortemente envolvidos com a técnica e não estão realmente administrando as operações. (TOLEDO, CANAVEZI, SOARES, 2009).

A implementação dos métodos de controle estatístico de processos é, sem dúvida nenhuma, uma das ferramentas mais poderosas para a melhoria dos processos produtivos de forma geral.

A importância do CEP está na inspeção da qualidade, pois requer acompanhamento sobre todo o processo, ela busca uma peça, uma amostra ou um lote para verificar se este atende as especificações da qualidade. Para a avaliação da qualidade, pode-se utilizar os modelos de qualidade *in-line*, *on-line* e *off-line* determinando um conjunto de elementos básicos de avaliação (INDEZEICHAK, 2005).

- Qualidade *in-line* – aquela ligada diretamente ao processo produtivo. Ela prioriza correção de falhas, prevenção de defeitos, redução de custos, desperdício, retrabalho, ou seja, procura a otimização do processo.
- Qualidade *on-line* – esforço que a empresa faz para sempre ter um produto dentro das especificações do consumidor. A firma capta as modificações de preferência e num menor tempo possível, adapta o processo conforme a nova realidade. Conforme Soares (2001) esta forma “acompanha o produto desde seu nascimento na forma de Qualidade de Projeto e durante todo seu ciclo de vida, ajustando permanentemente as suas características às exigências do mercado”.

- Qualidade *off-line* – é gerada por áreas que não estão diretamente ligadas ao processo de produção, por exemplo: compras, vendas, marketing.

O Controle Estatístico do Processo (CEP) pode ser descrito com uma ferramenta de monitoramento *on-line* da qualidade. Através da inspeção por amostragem de característica pré-determinadas do produto em estudo e de seu processo de manufatura, o CEP possibilita a detecção de causas especiais, anômalas ao processo, que prejudiquem a qualidade final do produto manufaturado (PIRES, 2000).

O controle permanente dos processos é condição básica para a manutenção da qualidade de bens e de serviços (COSTA *et al*, 2004). O monitoramento dos processos, se realizado de forma inteligente, implica custos que se pagam facilmente, pois qualidade agrega valor. Os custos com qualidade são organizados em quatro categorias: custos de prevenção, custos de avaliação, custos de falhas internas e custos de falhas externas (COSTA *et al*, 2004).

O controle estatístico do processo utiliza ferramentas estatísticas no controle da qualidade de processos. Através dessas ferramentas, o processo pode ser corrigido imediatamente, sem que seja necessária a presença constante do supervisor (SANTOS e GONDIM, 2004).

De acordo com MELO (2004), caso um determinado processo apresente uma situação indicativa de um estado de descontrole estatístico, ações corretivas devem ser determinadas e executadas de forma a restabelecer a estabilidade do processo. Após o restabelecimento do estado de estabilidade, é possível determinar a capacidade do processo de satisfazer as especificações ou requisitos dos clientes e, ainda, conduzir o processo a níveis de qualidade desejáveis.

Segundo SANTOS e GONDIM (2004) os custos da prevenção são os custos decorrentes da busca pela fabricação de produtos ou a prestação de serviços sem que ocorram defeitos ou falhas, mantendo a melhoria contínua do processo. São considerados custos de prevenção, o treinamento para a qualidade, círculos da qualidade, controles estatísticos dos processos, projetos de melhoria de qualidade, aquisição de equipamentos e novas tecnologias, manutenção preventiva de equipamentos, auditorias de qualidade e desenvolvimentos de sistemas. Os custos de

treinamento para qualidade envolvem a capacitação de todo o pessoal que participa do processo produtivo com o objetivo de diminuir o desperdício dos recursos disponibilizados.

Para os custos de avaliação PALADINI (2004), afirma que “a avaliação da qualidade está destinada a gerar novas formas de produção da qualidade e não novas formas de controle”.

Se uma empresa despende grande quantidade de recursos em processos de controle é porque não está reduzindo os defeitos devido às falhas nas atividades de prevenção. Desse contexto surge a importância de que cada empregado deve ser motivado a ser o responsável pelo seu trabalho. Com isso, a qualidade surgiria com o produto e não através do controle dele. (SANTOS e GONDIM, 2004).

São considerados custos de avaliação os custos de testes e inspeções dos materiais comprados, supervisão das áreas de inspeção, inspeção e teste do produto no ambiente do cliente e depreciação e manutenção dos equipamentos em teste (SANTOS e GONDIM, 2004).

Os custos de falhas internas ocorrem quando um produto fabricado com defeito é descoberto antes de seu envio ao cliente. Esses custos decorrem de falhas de projetos, compras, suprimentos, programação e controle da produção, falhas na própria produção e nem sempre diminuem o número de defeitos, pois estão concentrados nos sintomas e não nas causas. São considerados custos de falhas internas os retrabalhos, refugos e sucatas, tempo ocioso provocado por problemas de qualidade, custos das perdas e sobras e inspeção de produtos retrabalhados (SANTOS e GONDIM, 2004).

Os custos de falhas externas ocorrem quando o produto ou serviço defeituoso é entregue ao cliente e é percebido através das devoluções e reclamações. É um custo que deve ser sistematicamente evitado devido aos resultados que a insatisfação dos clientes pode provocar na empresa, como desconfiança e perda de participação no mercado.

São custos de falhas externas a vendas perdidas, custos de garantia, ações judiciais por defeitos, retrabalho, consertos e expedição (SANTOS e GONDIM, 2004).

Segundo COSTA *et al* (2004), os custos de falhas internas e externas representam cerca de 70% do total dos custos da qualidade. O aumento de

investimentos em avaliação e prevenção são mais que compensados pelas reduções obtidas nos custos de falhas, de modo que o custo total resultante é reduzido

Os custos da qualidade podem diminuir à medida que a qualidade de conformidade aumenta, ou seja, quando o produto ou serviço sai de acordo com o projeto (SANTOS e GONDIM, 2004).

O CEP aplica técnicas estatísticas simples que permitem detectar mudanças no comportamento do processo, permitindo que a gerência de produção possa implementar correções adequadas o mais rapidamente possível. Todos os processos variam amplamente ou de forma tênue. A análise dessa variação torna possível a comparação do desempenho esperado, decidido a partir do desenvolvimento passado do processo (INDEZEICHAK, 2005).

Para verificação da variabilidade do processo é necessário o conhecimento de estatística. Para esta verificação devem-se retirar dados em intervalos de tempos iguais, calcular as estatísticas que resumem os dados retirados destas amostras. Depois do cálculo das estatísticas transportam-se esses valores para um gráfico, as marcações tornar-se-ão distribuídas neste gráfico com uma forma de “distribuição normal”, que é uma curva em forma de sino. Todas as propriedades da distribuição normal podem ser utilizadas para entender a variação do processo. Conforme figura 1, sabe-se que se tivermos uma distribuição normal:

- 68,3% da distribuição encontram-se, mais ou menos, um desvio-padrão da média.
- 95,4% da distribuição encontram-se, mais ou menos, dois desvios-padrão da média.
- 99,7% da distribuição encontram-se, mais ou menos, a três desvios-padrão da média.

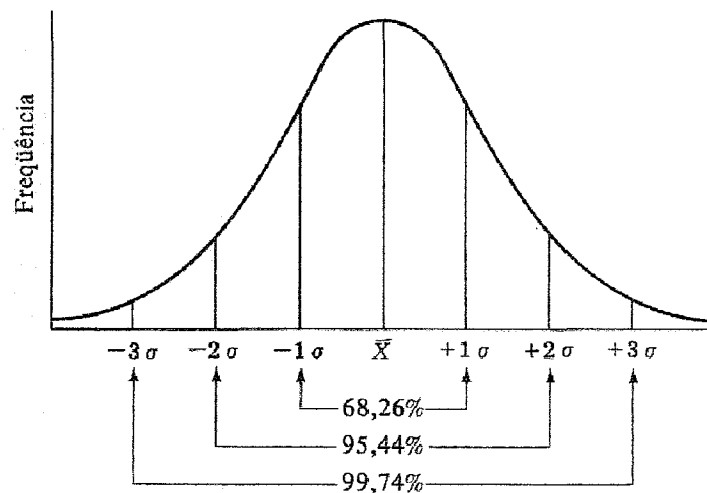


FIGURA 1 - GRÁFICO DAS ÁREAS SOB A CURVA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL

FONTE: SOUZA (2002)

As ferramentas do CEP têm por objetivo analisar o comportamento do processo. Estas identificam, através de dados coletados, as variações do processo, a fim de eliminar ou diminuir a variabilidade (SOUZA, 2002)

Desde o início da Revolução Industrial a preocupação era em estudar a variabilidade dos processos. Todo e qualquer processo, por mais bem projetado e por mais bem controlado que seja, possui em sua variabilidade um componente impossível de ser eliminado. Trata-se da variabilidade natural do processo, que é fruto de uma série de pequenas perturbações, ou causas aleatórias, contra as quais pouco ou nada se pode fazer. O efeito conjunto de várias pequenas perturbações deixa de ser desprezível e passa a ser o responsável pela variabilidade natural do processo: uma variabilidade inevitável, com a qual é preciso conviver (COSTA *et al*, 2004).

A figura 2 ilustra um processo sujeito apenas a causas aleatórias:

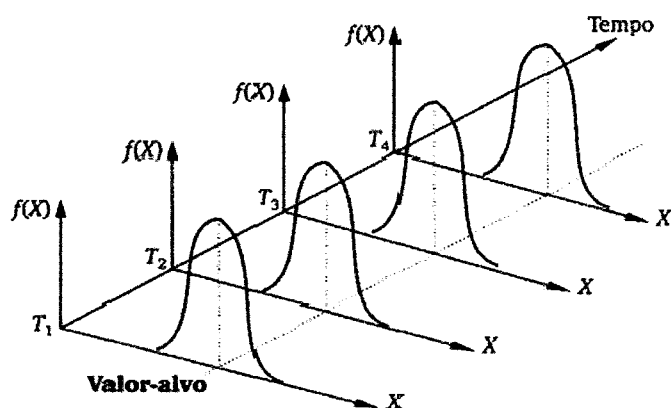


FIGURA 2 - GRÁFICO REFERENTE À UM PROCESSO ISENTO DE CAUSAS ESPECIAIS

FONTE: COSTA *et al* (2004)

Os processos também podem estar sujeitos a causas especiais, ou seja, perturbações maiores, que surgem esporadicamente e que podem deslocar a distribuição da variável aleatória X e/ou aumentar sua dispersão. Estes tipos de perturbações podem ser corrigidos ou eliminados. Quando, além das causas aleatórias, causas especiais estiverem presentes, o processo é chamado de “fora de controle”. Os exemplos de processos “fora de controle” são apresentados nas figuras 3 e 4.

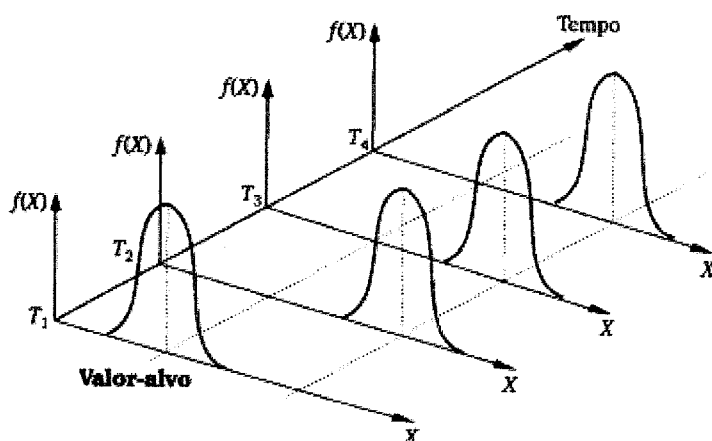


FIGURA 3 - GRÁFICO REFERENTE A UM PROCESSO COM CAUSA ESPECIAL ALTERANDO A MÉDIA DO PROCESSO

FONTE: COSTA *et al* (2004)

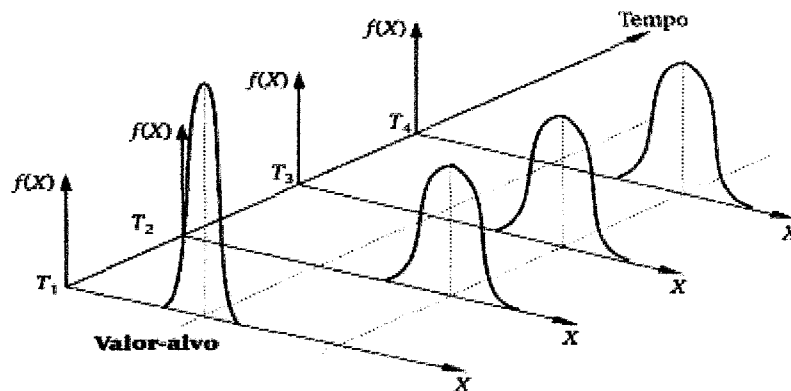


FIGURA 4 - GRÁFICO DE UM PROCESSO COM CAUSA ESPECIAL ALTERANDO A MÉDIA E AUMENTANDO A VARIABILIDADE DO PROCESSO

FONTE: COSTA *et al* (2004)

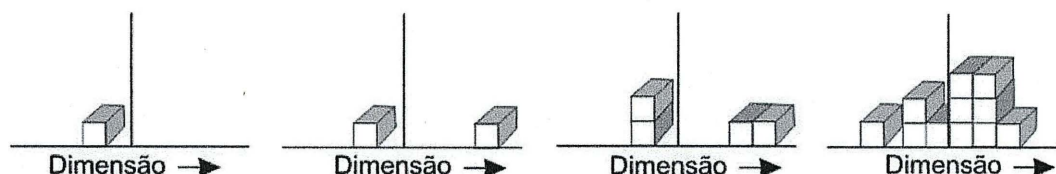
O quadro 1 mostra a comparação entre as causas aleatórias e as especiais.

Comuns ou Aleatórias	Especiais ou Assinaláveis
1. São inerentes ao processo e estão sempre presentes.	1. São desvios do comportamento "normal" do processo. Atuam esporadicamente.
2. Muitas pequenas causas que produzem individualmente pouca influência no processo.	2. Uma ou poucas causas que produzem grandes variações no processo.
3. Sua correção exige uma grande mudança no processo. Justificável economicamente mas nem sempre.	3. Sua correção é, em geral, justificável e pode ser feita na própria linha.
4. A melhoria da qualidade do produto, quando somente causas comuns estão presentes, necessita de decisões gerenciais que envolvem investimentos significativos.	4. A melhoria da qualidade pode, em grande parte, ser atingida através de ações locais que não envolvem investimentos significativos.
5. São exemplos: treinamento inadequado, produção apressada, manutenção deficiente, equipamento deficiente, etc.	5. São exemplos: máquina desregulada, ferramenta gasta, oscilação temporária de energia, etc.

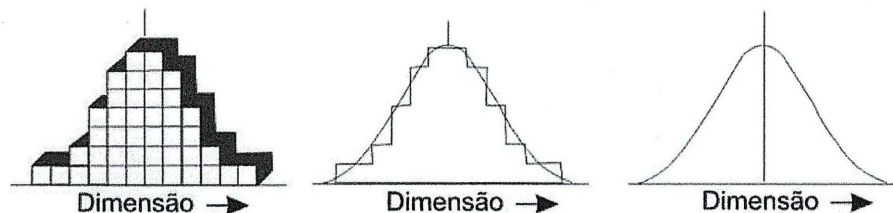
QUADRO 1 - CAUSAS ALEATÓRIAS E ESPECIAIS

FONTE: COSTA *et al* (2004)

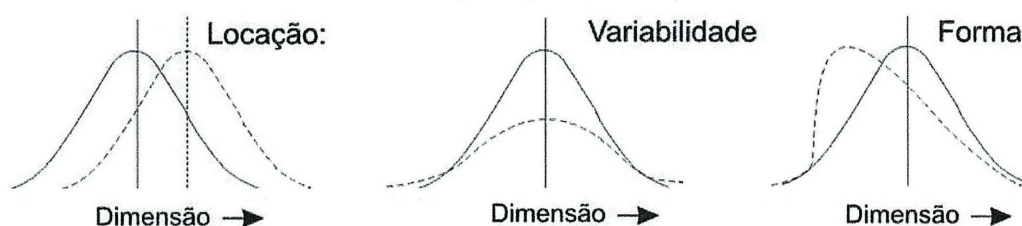
A figura 5 mostra a distribuição e estabilidade do processo.



mas eles formam um padrão que, se for estável, é denominado distribuição.

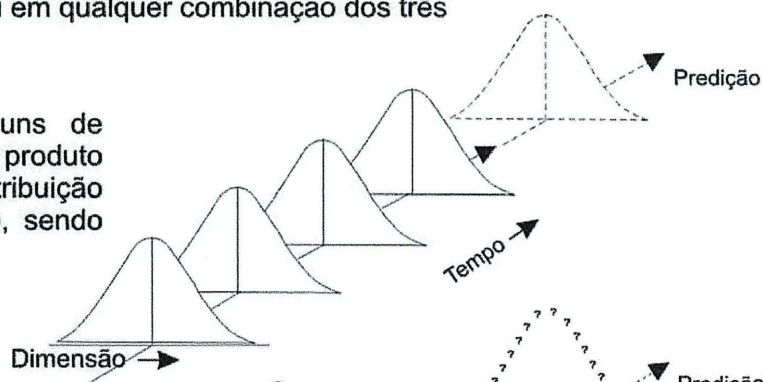


As distribuições podem diferir em:



... ou em qualquer combinação dos três

Se somente causas comuns de variação estão presentes, o produto do processo segue uma distribuição estável ao longo do tempo, sendo portanto previsível.



Se causas especiais de variação estão presentes, o produto do processo não segue uma distribuição estável, ao longo do tempo, não sendo previsível.

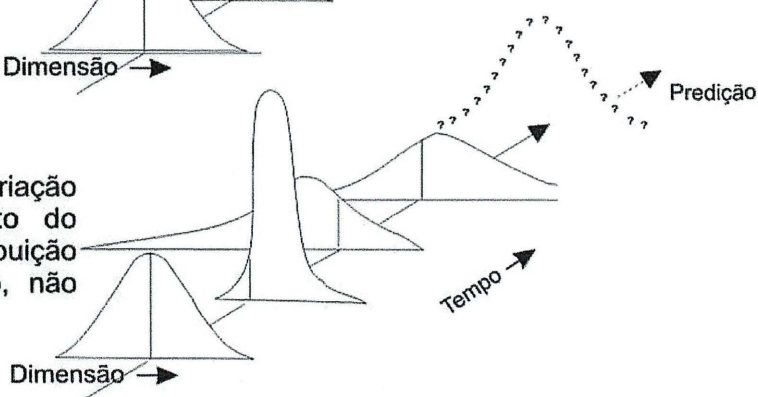


FIGURA 5 - DISTRIBUIÇÃO E ESTABILIDADE DO PROCESSO

FONTE: BONDUELLE (2009)

O Controle Estatístico de Processo (CEP) é um método preventivo de se comparar, continuamente, os resultados de um processo com os padrões, identificando a partir de dados estatísticos as tendências para variações significativas, a fim de eliminar/controlar essas variações. O objetivo principal no CEP é reduzir cada vez mais a variabilidade de um processo (LOPES, 2007).

2.5 Ferramentas para o CEP

Durante a etapa inicial se conhece, estabiliza, e se ajusta o processo. Durante o monitoramento, é necessário identificar e eliminar as causas especiais que afetam o processo. Pode-se utilizar algumas ferramentas que ajudam a identificar as causas especiais e ajustar o processo.

A metodologia utilizada visa identificar as causas comuns e causas especiais que podem ocorrer durante a apuração da pesagem dos produtos. De acordo com SANTOS (2007), a aplicação da metodologia ocorre através do uso sistematizado de ferramentas da Qualidade, tais como Gráficos de Controle do valor individual e de amplitude média, Diagrama de Ishikawa e 5W2H. Desdobra-se da forma a seguir:

1. Fase de construção: Nesta fase é definido o tipo de gráfico utilizado para cada item de controle escolhido. Através do uso do CEP (Controle Estatístico do Processo), será calculada a Média, o Limite Superior e o Limite Inferior de Controle. Estes limites servem para referenciar o comportamento do processo de apuração de consumo, ao longo de um determinado período, e devem ser escolhidos, conforme as características próprias de cada grupo de leitura.

2. Fase de utilização: Para realizar o controle estatístico do processo de pesagem dos produtos cosméticos, serão utilizados gráficos de controle, com os limites que foram definidos na fase de construção.

3. Obtenção de dados: De acordo com os itens de controle estabelecidos devem-se obter os dados necessários para a geração dos gráficos, observando a periodicidade determinada.

4. Elaboração do plano de ação: Após o estudo das causas especiais, utiliza-se a ferramenta 5W2H para definir quais as melhores ações corretivas devem ser aplicadas ao caso. Todavia, deve-se observar que a natureza da causa pode ser maléfica ou benéfica. Portanto, o plano de ação serve para definir com mais segurança quanto à eliminação ou manutenção da mesma.

A qualidade não pode estar separada das ferramentas estatísticas e lógicas básicas usadas no controle, melhoria e planejamento da qualidade. Essas ferramentas foram largamente difundidas porque elas fazem com que as pessoas envolvidas no controle de qualidade vejam através de seus dados, compreendam a razão dos problemas e determinem soluções para eliminá-los (BEZERRA e MOURA, 2004)

As ferramentas de controle de qualidade não só medem o valor de uma característica de qualidade; elas também nos ajudam a identificar uma mudança ou variabilidade em alguma característica de qualidade do produto ou processo (ACHCAR, 2009).

A aplicação de técnicas estatísticas tem por principal objetivo oferecer aos responsáveis pela tomada de decisões, referências relativas ao grau de confiabilidade dos resultados gerados pelos controles e aos riscos envolvidos nas decisões tomadas. A sistematização dos dados de controle que normalmente é feita sob a forma de “gráficos de controle” tem por objetivo facilitar a “visualização” dos resultados (LOPES, 2007).

O CEP se vale de diversas ferramentas estatísticas e da qualidade sendo o Gráfico de Controle a mais básica e fundamental.

Independentemente do tipo processo e de grandeza controlada, diversas são as etapas para a utilização do Controle Estatístico de Processos e estas giram em torno da definição e utilização dos Gráficos de Controle (SILVA, BÁGGIO e MAÓSKI, 2008).

O objetivo das cartas é o de manter a qualidade do produto satisfatoriamente uniforme, prevenindo a fabricação de itens fora da especificação. A verificação de que o processo está ou não sob controle é feita pelo exame das unidades de amostras extraídas periodicamente. Se o processo estiver sob controle, as amostras apresentarão variabilidade correspondente a amostras extraídas de uma população normal, isto é, a variabilidade é atribuída apenas ao acaso na amostragem. Quando o

processo está sob controle supõe que a característica da qualidade do conjunto das unidades produzidas possua distribuição normal, e que essa permaneça estável, ou seja, a média e o desvio padrão permaneçam constantes (MELO, 2004).

Os gráficos de controle são normalmente usados para ver se o processo está com desempenho esperado, ou alternativamente, se está saindo de controle. Se o processo de fato parece estar saindo de controle, então passos podem ser dados antes que haja um problema (MELO, 2004).

2.5.1 Gráficos de controle

Para estudo, controle e análise da capacidade de um processo é importante o modo de coletar amostras e como utilizar os valores encontrados. Para tanto uma boa ferramenta são os gráficos de controle, os quais se dividem em atributos (variáveis discretas do tipo bom ou ruim, OK ou NG, etc) ou variáveis (variáveis contínuas com comprimentos, diâmetros, etc) (PALADINI, 1990).

Existem vários tipos de Gráficos de Controle; um para cada tipo de processo e de dado por ele produzido. Via de regra os Gráficos de Controle são divididos em duas grandes categorias: Gráficos de Controle para variáveis e Gráficos de Controle para atributos.

- Variáveis: Características cujo valor é determinado através de algum tipo de medição (pH, cor, energia elétrica, volume, vazão etc.);
- Atributos: Características cujo valor é determinado através de uma classificação ou contagem (nº de ligações, análises fora dos padrões, nº de serviços de manutenção preditiva etc.).

Para definição dos Gráficos de Controle adequados é necessário um histórico de dados que reflita o comportamento do processo a ser controlado. Este histórico deve ser validado antes da utilização do Gráfico de Controle.

O histórico é validado mediante a construção do Gráfico de Controle e a verificação dos dados de dispersão/variabilidade do histórico. Caso esta esteja sob

controle, validam-se os limites de controle e estes passam a ser utilizados para o controle contínuo do processo. Quando ocorrer alguma alteração significativa no processo, na sua sistemática de funcionamento, em sua matéria-prima ou em sua mão de obra, estes limites de controle devem ser reavaliados a fim de corresponder à nova realidade do processo. (SILVA, BÁGGIO e MAÓSKI, 2008).

Estes gráficos são instrumentos que mostram a evolução do nível de operação do processo e de sua variação ao longo do tempo. Eles se dividem em duas grandes categorias, gráfico de controle por atributo e por variável. Para os gráficos por variáveis as características analisadas na amostra são resultados de algum tipo de medição. Já no gráfico por atributos as características são resultado de uma classificação ou uma contagem (INDEZEICHAK, 2005).

Os dados coletados são então reunidos e convertidos de forma a que possam ser marcados nas cartas de controle. As estimativas obtidas a partir destes são utilizadas para determinar os limites de controle que são: Limite Superior de Controle – LSC, Limite Inferior de Controle – LIC e Linha Média - LM, que posteriormente mostraremos seus cálculos. Os pontos são marcados nestes gráficos em torno da Linha Média. Se algum ponto cai fora do LSC ou LIC, isto se deve a uma causa especial, representando uma oportunidade para melhorar o processo trazendo para o controle estatístico (SOARES, 2003).

Para monitorar um processo é preciso conhecê-lo muito bem, esta etapa precede a construção dos gráficos, é uma etapa de aprendizagem. Nela devem-se conhecer os fatores que afetam a qualidade da característica X, ela é a mais importante de todas, é aqui que se promove grande melhoria de qualidade.

Na figura 6, mostra-se um processo onde a característica X está sendo afetada por várias causas especiais, pois o comportamento gráfico é instável, os valores oscilam em torno de um valor acima do valor-alvo, ora oscilam abaixo e ora se afastam consideravelmente deste valor (INDEZEICHAK, 2005).

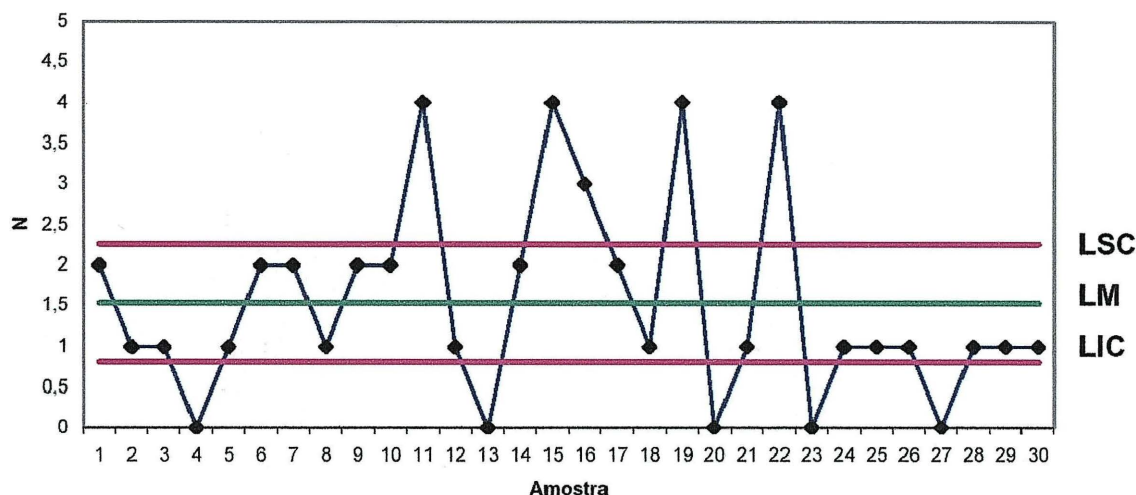


FIGURA 6 - GRÁFICO DE UM PROCESSO INSTÁVEL

FONTE: INDEZEICHAK (2005)

De acordo com a figura 6, sabe-se que o processo está instável, é preciso eliminar todas as causas especiais.

Os gráficos de controle trabalham com as flutuações observadas ao longo do processo, representando as variações sofridas pelos dados referentes ao mesmo, que vão sendo colhidos no período. Nessas variações estão, em geral, os problemas a serem atacados, e sua presença nos gráficos de controle pode também determinar o tipo de causa que os gera. Grandes variações denunciam a presença de causas importantes, cuja influência está alterando o comportamento do processo. Para se verificar se um gráfico está denunciando alterações profundas, utilizam-se recursos estatísticos básicos e alguns cálculos também simples (PALADINI, 1990).

O próximo passo, depois de detectar as causas especiais, consiste em eliminá-las. Assim o processo se ajusta e fica estável. Ver exemplo na figura 7.

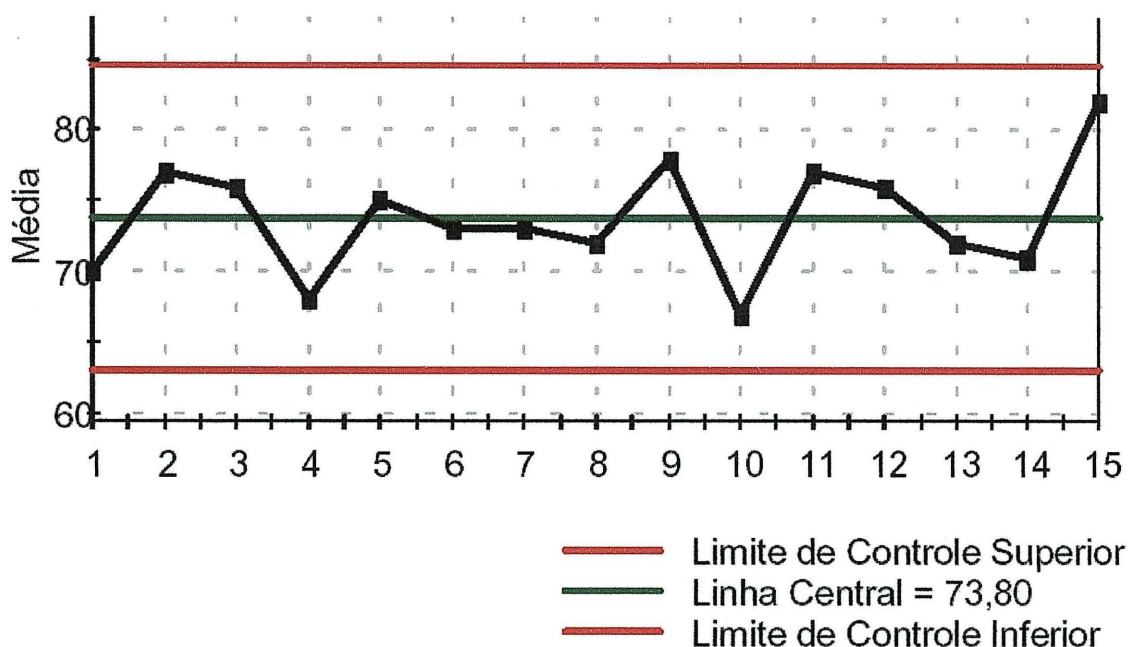


FIGURA 7 - EXEMPLO DE GRÁFICO COM UM PROCESSO ESTÁVEL E AJUSTADO

FONTE: INDEZEICHAK (2005)

Nota-se que nesta etapa, além de se estabilizar o processo, ocorre também à melhoria da qualidade e criou-se uma lista de verificação para futuros problemas. Nesta lista de verificação devem aparecer todas as possíveis causas do comportamento não aleatório do processo, assim, se ocorre uma causa especial, a lista já está pronta e é possível detectar a causa especial mais rapidamente do que da primeira vez para trazer de volta o processo ao estado de controle estatístico (INDEZEICHAK, 2005).

A principal vantagem deste tipo de gráfico de controle está na sua fácil implementação e interpretação, bem como com que rapidez grandes mudanças em relação ao valor pretendido do processo são detectadas. A principal desvantagem está no fato destes gráficos utilizarem a informação contida no último ponto representado, sendo pouco sensíveis na detecção de pequenas mudanças que ocorram no valor médio do processo.

2.5.1.1 Gráfico de \bar{X} (média amostral)

Esta carta monitora a média do processo.

A popularidade deste gráfico é devida a sua facilidade de cálculo e aplicação, aliada a sua excelente sensibilidade na detecção de mudanças na média da distribuição (RAMOS, 2003).

Se o caso requer a construção do gráfico de \bar{X} , primeiramente calcula-se a Linha Média – LM que é a média de \bar{X} , e os limites de controle que geralmente é estabelecido com três desvios-padrão dessa média, isto é:

$$LSC_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} + 3\sigma_{\bar{X}} \quad \text{Equação 1}$$

$$LM_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} \quad \text{Equação 2}$$

$$LIC_{\bar{X}} = \mu_{\bar{X}} - 3\sigma_{\bar{X}} \quad \text{Equação 3}$$

Onde:	$LSC_{\bar{X}}$	limite superior de controle da média amostral;
	$\mu_{\bar{X}}$	média da população;
	$LM_{\bar{X}}$	limite médio;
	$\sigma_{\bar{X}}$	desvio-padrão da média amostral;
	$LIC_{\bar{X}}$	limite inferior de controle da média amostral.

Como não se conhece a média é utilizada a média das amostras, ou seja: $\mu_{\bar{X}} = \mu_X$

E para calcular o desvio padrão da média ($\sigma_{\bar{X}}$), basta calcular a variância usando $\sigma_X^2 = \sigma_X^2/n$ ou seja,

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{(n-1)}}$$

Para determinação do gráfico de \bar{X} o que importa são os valores de μ e de σ quando o processo está sob controle. Esses valores, na prática, não são precisos, usa-se sempre estimativas e denota-se por $\hat{\mu}_0$ e $\hat{\sigma}_0$, que se obtém das equações 1, 2 e 3, os seguintes limites para o gráfico:

$$LSC_{\bar{x}} = \hat{\mu}_0 + 3 \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{n}} \quad \text{Equação 4}$$

$$LM_{\bar{x}} = \hat{\mu}_0 \quad \text{Equação 5}$$

$$LIC_{\bar{x}} = \hat{\mu}_0 - 3 \frac{\hat{\sigma}_0}{\sqrt{n}} \quad \text{Equação 6}$$

Os três desvios-padrão, acima ou abaixo de média, englobam a maioria dos valores de \bar{X} , isto é, 99,73% deles, se o processo permanece estável e a média ajustada em μ_0 , ou seja, $\sigma = \sigma_0$ e $\mu = \mu_0$. Ver exemplo de carta de controle da média amostral \bar{X} , na figura 8.

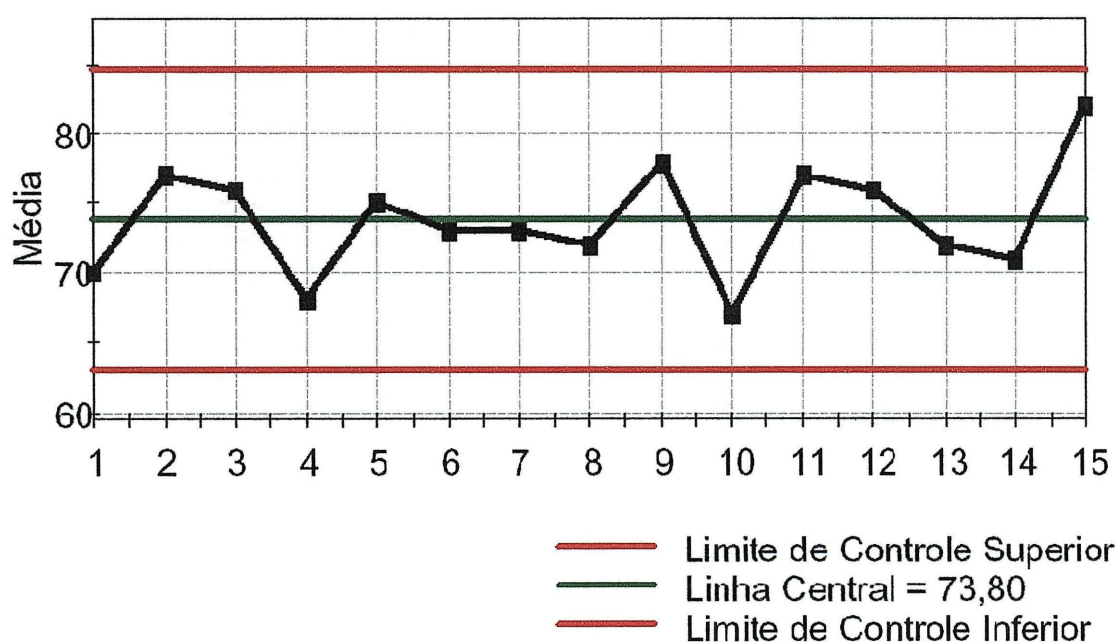


FIGURA 8 - EXEMPLO DE GRÁFICO DA MÉDIA \bar{X}

FONTE: INDEZEICHAK (2005)

Escolheu-se gráficos de controle por variáveis pois estes permitem que se conheça continuamente as variações do processo, fornecendo maiores informações para atuar e corrigir desvios.

2.5.1.2 Gráfico R (amplitude)

Para determinar os limites de controle para o gráfico de R , são usados também três desvios-padrão, ou seja:

$$LSC_R = \mu_R + 3\sigma_R \quad \text{Equação 7}$$

$$LM_R = \mu_R \quad \text{Equação 8}$$

$$LIC_R = \mu_R - 3\sigma_R \quad \text{Equação 9}$$

Se a distribuição da variável de interesse \bar{X} for normal com desvio-padrão igual a σ , assim a distribuição da amplitude amostral R terá média e desvio-padrão dados, respectivamente por:

$$\mu_R = d_2 \cdot \sigma \quad \text{Equação 10}$$

$$\sigma_R = d_3 \cdot \sigma \quad \text{Equação 11}$$

Onde: d_2 e d_3 são constantes que dependem do tamanho da amostra n e encontram-se tabeladas no anexo VII.

Substituindo as equações 10 e 11 nas equações 7, 8 e 9, e tratando σ (desvio padrão) por sua estimativa $\hat{\sigma}_0$ os limites passam a ser:

$$LSC_R = d_2 \cdot \hat{\sigma}_0 + 3d_3 \cdot \hat{\sigma}_0 \quad \text{Equação 12}$$

$$LM_R = d_2 \cdot \hat{\sigma}_0 \quad \text{Equação 13}$$

$$LIC_R = d_2 \cdot \hat{\sigma}_0 - 3d_3 \cdot \hat{\sigma}_0 \quad \text{Equação 14}$$

Como por definição a amplitude não pode ser negativa, quando em LIC_R (eq. 14) for negativo, adota-se $LIC_R = 0$, ou seja, não possui limite inferior de controle.

Os limites do gráfico de R dependem apenas da estimativa $\hat{\sigma}_0$ (estimativa do desvio padrão).

Para o cálculo de μ_0 (valor médio das médias amostrais):

$$\bar{\bar{X}} = \frac{\sum_{i=1}^m \bar{X}_i}{m} \quad \text{Equação 15}$$

Onde \bar{X} é a média da i -ésima da amostra e a estimativa σ_0 , m é o número de amostras, no caso de se usar o Gráfico de \bar{X} em conjunto com o de R é:

$$S_D = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad \text{Equação 16}$$

Onde S_D é a estimativa do desvio padrão e \bar{R} é a média aritmética dos m valores de R_i :

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^m R_i / m \quad \text{Equação 17}$$

Exemplo de carta de controle R vê-se na figura 9.

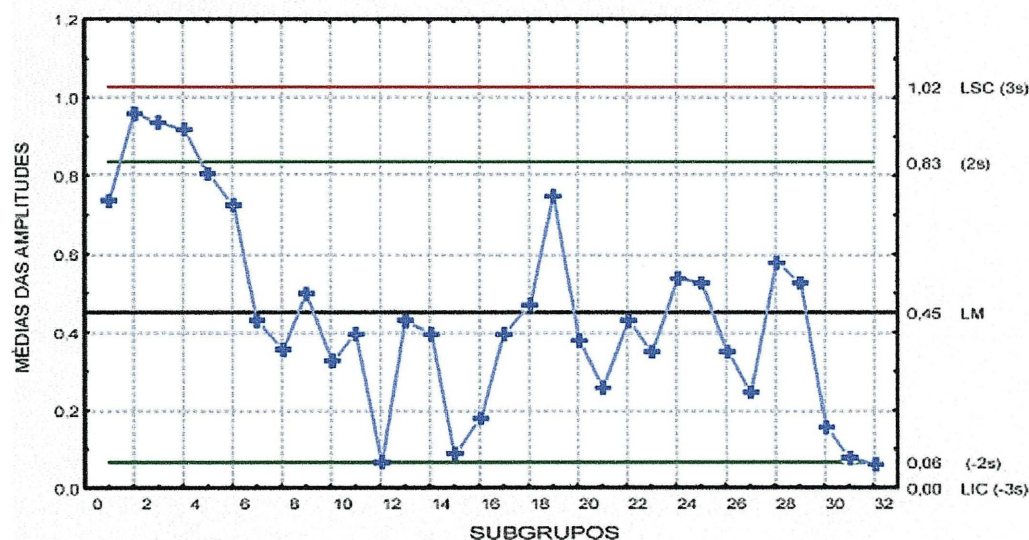


FIGURA 9 - EXEMPLO DE GRÁFICO DA AMPLITUDE R

FONTE: INDEZEICHAK (2005)

A análise dos gráficos de controle permite que se determine se um dado processo é estável, ou seja, se não há presença de causas especiais de variação atuando sobre o mesmo. Para um processo ser considerado estatisticamente estável, os pontos nos gráficos de controle devem distribuir-se aleatoriamente em torno da linha média sem que haja padrões estranhos do tipo, tendências crescentes ou decrescentes, ciclos, estratificações ou misturas, pontos fora dos limites de controle (Ramos, 2000).

Um processo estável ou sob controle estatístico apresenta previsibilidade, todavia é possível que mesmo um processo com variabilidade e conjeturada produza itens defeituosos ou não-conformes. Depois da estabilização de um processo, a análise sobre a capacidade do mesmo proporcionará as diretrizes para as tomadas de decisão como a mudança ou não do sistema produtivo, de acordo com o caso constatado (LIMA *et al*, 2006).

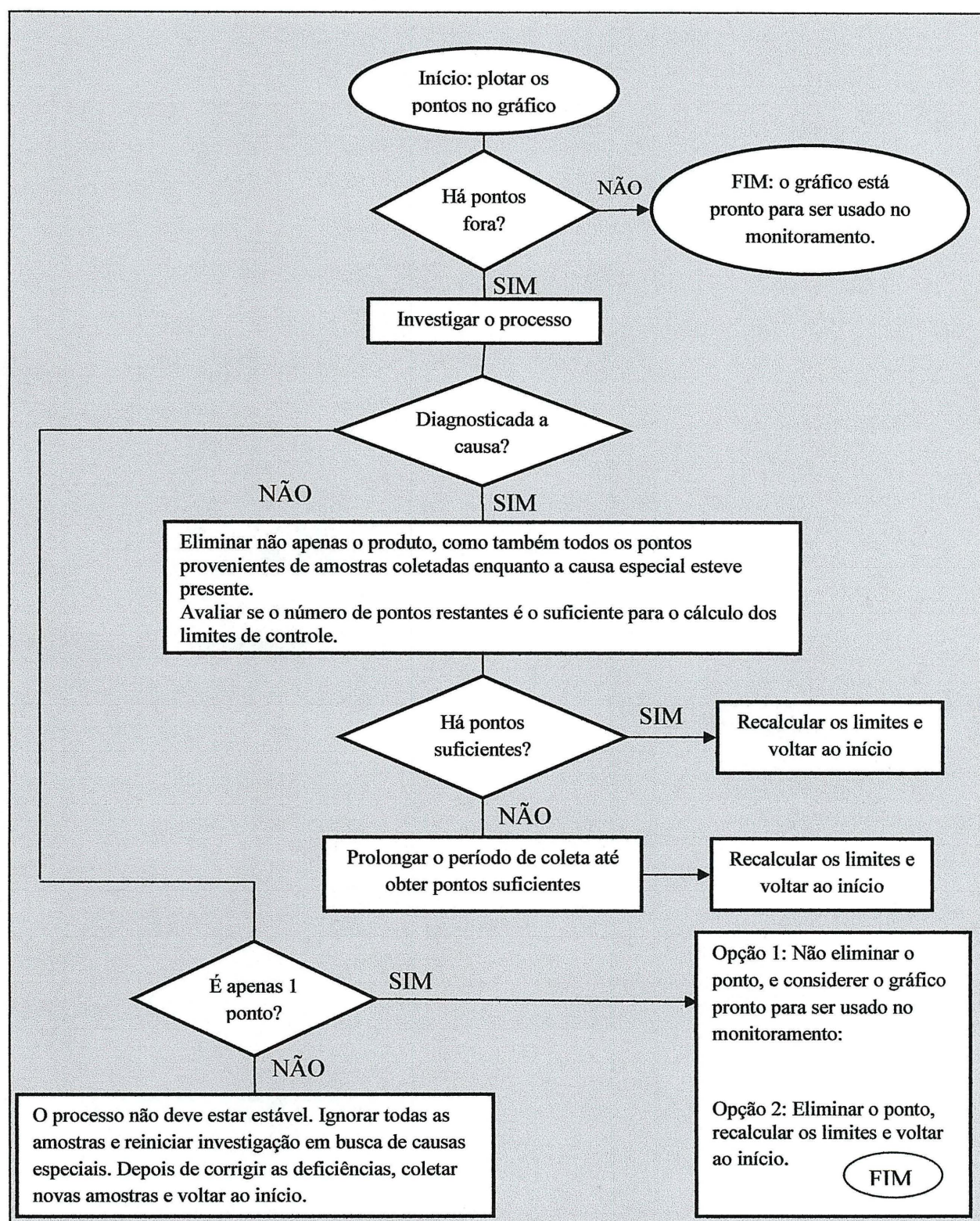


FIGURA 10 - GRÁFICO DE UM PROCESSO COM CAUSA ESPECIAL ALTERANDO A MÉDIA E AUMENTANDO A VARIABILIDADE DO PROCESSO

FONTE: COSTA *et al* (2004)

2.5.2 Diagrama de causa e efeito (Ishikawa)

É uma importante ferramenta do CEP, muito usada para identificação da causa fundamental dos problemas de um processo e para determinação das medidas corretivas a serem adotadas. Compõe-se de linhas e símbolos, que representa uma relação significativa entre um efeito e suas causas. Este diagrama descreve situações complexas que seriam difíceis de serem descritas e interpretadas sem uma técnica. O diagrama é produzido durante uma sessão *Brainstorming*, técnica para a geração de idéias referente ao processo e seus problemas (DAL'CORTIVO, 2005).

2.5.3 5W2H

Amplamente utilizada para definição de planos de ação. Na verdade o 5W2H pode ser o plano de ação propriamente dito. São 7 perguntas em inglês (What, Why, When, Where, Who, How e How Much). Estas perguntas visam direcionar, planejar, definir as responsabilidades e quantificar as ações. O 5W2H é uma das ferramentas utilizadas para resolução de problemas, esclarecimento da real situação do caso, além de proporcionar informações para auxílio à tomada de decisões. Usada para planos de ação (busca de soluções) e definições de problemas.

2.6 Capacidade do processo

A capacidade ou capabilidade do processo é a medida da variação do processo. A mesma não pode ser confundida com sua capacidade, pois no primeiro caso, tem-se uma expressão do que o processo pode alcançar quando atuam sobre ele apenas causas acidentais, atribuíveis ao acaso, que não chegam a atuar de forma significativa,

sendo de eliminação inviável ou impossível, enquanto que no segundo caso o processo opera sob a ação de uma ou mais causas significativas, estranhas a ele, e que por isso mascaram o seu funcionamento normal. (PALADINI, 1990).

Os índices de capacidade de processo são parâmetros adimensionais que indiretamente medem o quanto o processo consegue atender às especificações. De acordo com COSTA *et al* (2004) não há uma relação fixa entre o seu valor e a porcentagem de itens que o processo é capaz de produzir dentro das especificações: essa relação vai depender da distribuição de probabilidades da característica de qualidade considerada (para alguns índices de capacidade, conhecida a distribuição da característica, a relação fica determinada). Contudo, para grande parte dos índices, quanto maior o seu valor, melhor o processo consegue atender às especificações. Ainda segundo COSTA *et al* (2004), capacidade do processo é a capacidade de produzir itens conformes, ou seja, de acordo com as especificações do projeto e da variabilidade do processo, não estando vinculado apenas a presença e ausência de causas especiais.

O processo pode ser avaliado como:

- Processo capaz: os resultados das medições ou limites de controle encontram-se dentro da especificação do projeto, ou seja, não estão sendo produzidos produtos não conformes;
- Processo não-capaz: os resultados das medições ou limites de controle encontram-se fora da especificação do projeto. Neste caso podem estar sendo produzidos produtos não conformes.

Baseados nestes conceitos pode-se definir capacidade de um processo como o potencial de se produzir produtos cujos resultados atendam as especificações do projeto (ALMAS, 2003).

Pela sua simplicidade, uma das ferramentas mais utilizadas para avaliação da capacidade de processo é o histograma, que é uma representação gráfica da distribuição de frequência dos dados e, cujo principal objetivo é facilitar a organização e disposição destes para que se possa obter informações sobre o seu comportamento.

A inserção dos limites de especificação nestes histogramas nos permite avaliar a localização e espalhamento dos dados, fornecendo uma boa idéia sobre a capacidade do processo. A figura 10 a seguir exemplifica a construção e análise desta ferramenta:

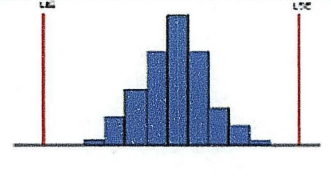
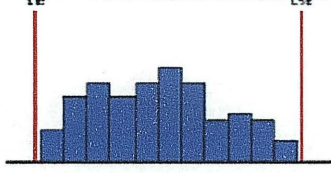
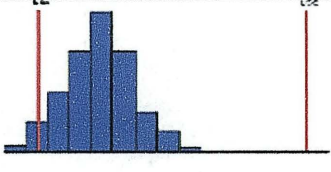
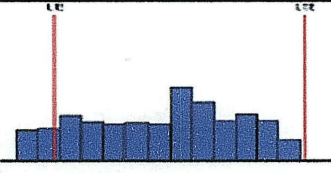
Tipo de Gráfico	Descrição
	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os pontos estão localizados internamente à especificação com boa margem de segurança de ambos os lados. Nesta situação diz-se que o processo é capaz e não se faz necessária nenhuma intervenção.
	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os pontos estão localizados internamente à especificação, porém existem pontos próximos aos limites, indicando que deve haver intervenção no processo para diminuir a variabilidade.
	<ul style="list-style-type: none"> • Os dados apresentam pequena variabilidade, no entanto os valores estão deslocados do valor médio da especificação. A atuação neste caso deve ser voltada para retomar a média do processo para a situação onde o processo esteja centrado dentro da especificação.
	<ul style="list-style-type: none"> • Existem pontos localizados fora dos limites de especificação, indicando ocorrência de não conformidades. Deve-se atuar para diminuir a variabilidade ou corrigir a média que esteja deslocada do centro da especificação ou até mesmo atuar em ambos.

FIGURA 11 - ANÁLISE GRÁFICA DE CAPABILIDADE DE PROCESSO

FONTE: ALMAS (2003)

A análise do perfil do histograma também nos permite verificar sua curva de distribuição, servindo como um teste empírico para a verificação da normalidade dos dados para o cálculo de índices de capacidade mais sofisticados que partem desta suposição.

Um ponto importante a se salientar é a diferença entre os limites de especificação, limites de controle e limites naturais do processo. Os limites de

especificação definem o intervalo em que as medidas das características da qualidade podem variar, geralmente são estabelecidos pelos engenheiros durante o projeto do produto, pela administração ou pelo cliente, enquanto que os limites naturais de processo são definidos como os valores de \bar{X} situados a ± 3 desvios-padrão da média μ do processo. Os limites de controle do gráfico de \bar{X} são estabelecidos a ± 3 desvios-padrão da média do processo (SILVA *et al*, 2008).

A avaliação da capacidade do processo permite identificar o comportamento do processo e focalizar ações necessárias para eliminar possíveis variações. O estudo da capacidade do processo permite (i) otimizar a produtividade e qualidade, (ii) determinar os novos padrões de tolerância, (iii) determinar se um novo equipamento é capaz de atender às especificações dos clientes, e (iv) comparar o desempenho de diferentes equipamentos (PIRES, 2000.)

2.6.1 Índices de capacidade

Índices de capacidade são números adimensionais que permitem uma quantificação do desempenho do processo. Para se calcular estes índices, parte-se do pressuposto que o processo está sob controle estatístico e que a distribuição dos dados é normal (ALMAS, 2003).

A importância de se associar a dispersão dos dados a uma curva de distribuição normal reside no fato de se poder com esta suposição calcular valores de probabilidades a respeito dos dados baseados apenas na média e desvio padrão.

Apesar da facilidade da análise de capacidade através dos histogramas e da grande variedade de índices de capacidade, dois índices são mais frequentemente utilizados para mensurar a capacidade de um processo em atender às especificações. Estes índices de capacidade, fundamentados na suposição de normalidade dos dados e de que o processo esteja sob controle, são comumente conhecidos como C_p e C_{pk} .

2.6.1.1 Índice de Capacidade do Processo (C_p)

Este índice se preocupa com a centralização do processo, fornecendo uma medida indireta da habilidade do potencial do processo em satisfazer a especificação. Seu cálculo se dá da seguinte forma:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\hat{\sigma}}$$

Onde:

LSE = Limite Superior de Especificação

LIE = Limite Inferior de Especificação

$\hat{\sigma}$ = Desvio Padrão Amostral Estimado

Para o processo ser considerado capaz, o índice C_p deve ser igual ou maior do que um, porém, devido a este valor ser exatamente a especificação sugere-se uma regra para garantir que este seja suficientemente capaz considerando a sua centralização:

- $C_p < 1,00$ - A capacidade do processo é inadequada à especificação exigida. Deve-se diminuir a variabilidade para reduzir o número de não conformes e garantir que o produto atenda a especificação;
- $1,00 \leq C_p \leq 1,33$ - A capacidade está dentro da especificação exigida. Todavia, ainda deve-se diminuir a variabilidade do processo, pois esta pode gerar produtos não conformes;
- $C_p > 1,33$ - A capacidade é adequada à especificação exigida. Neste caso não se faz necessária intervenção a menos que se queira reduzir a variabilidade para aumentar a qualidade dos produtos.

Em se supondo normalidade dos dados, e que o índice de capacidade C_p seja igual a 1,0 e o processo esteja centrado, assumi-se que os dados estão variando

exatamente sobre a especificação, o que significa dizer que teremos cerca de 99,73% dos pontos amostrais dentro destes limites, ou analogicamente teremos a ocorrência de 0,27% ou 2700 ppm de não conformidades (ALMAS, 2003).

A definição do C_p assume implicitamente que o processo está centrado no valor nominal de especificação. Se o processo não estiver centrado, sua capacidade real é menor do que o indicado por C_p . Portanto, é conveniente pensar em C_p como medida de capacidade potencial, a capacidade de um processo centrado no valor nominal. Quanto maior o índice C_p , menos provável que o processo esteja fora das especificações. Um processo com uma curva estreita (C_p elevado) pode não estar de acordo com as necessidades do cliente se não for centrado dentro das especificações. Se o processo não estiver centrado, deve-se utilizar o índice C_{pk} .

2.6.1.2 Índice de Desempenho do Processo (C_{pk})

O índice C_{pk} foi desenvolvido para suprir algumas deficiências do C_p , principalmente com relação ao fato de que este mede a capacidade somente em termos da dispersão do processo e não leva em consideração o seu nível ou a sua centralização (ALMAS, 2003).

A obtenção do índice de capacidade C_{pk} se dá através do cálculo de dois índices de especificação unilaterais chamados de C_{pl} ("lower") e C_{pu} ("upper") que são obtidos por:

$$C_{pl} = \frac{\bar{\bar{X}} - LSE}{3\hat{\sigma}} \quad C_{pu} = \frac{LSE - \bar{\bar{X}}}{3\hat{\sigma}}$$

Daí obtêm-se o índice C_{pk} como:

$$C_{pk} = \text{Mín} \left[\frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}, \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \right]$$

Que nada mais é do que o mínimo entre os índices C_{pl} e C_{pu} .

Para o processo ser considerado capaz, o C_{pk} deve ser igual ou superior a um. No entanto, da mesma forma que definido para o índice C_p , as mesmas regras podem ser utilizadas para se garantir uma maior margem de segurança para a operação do processo.

A correta avaliação da capacidade, satisfazendo principalmente as suposições de normalidade, é de extrema importância para a garantia da qualidade de qualquer processo industrial, daí sua relevância na área do controle da qualidade e, especificamente, neste trabalho.

Quanto mais estreita a curva da distribuição, menor a variação e maiores os valores dos índices C_p e C_{pk} . Sabemos ainda que quanto maior o valor de C_p e C_{pk} , melhor é o status do processo.

Considerando essa afirmação, seguem as figuras em quais ocasiões teremos valores altos e baixos para esses dois índices.

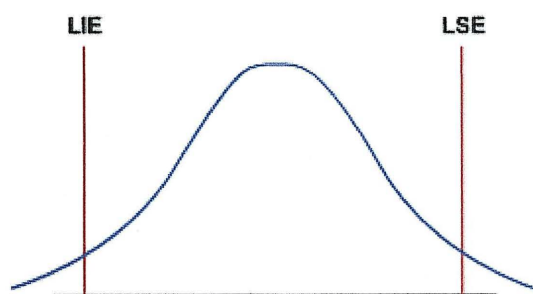


FIGURA 12 - C_p E C_{pk} BAIXOS

FONTE: DATALYZER (2006)

Na figura12 vemos o gráfico do C_p baixo, que tem como causa uma variação maior que a faixa dos limites de especificação e o C_{pk} baixo, tendo uma distribuição centrada, mas com uma variação maior que a faixa dos limites de especificação. Este processo é incapaz.

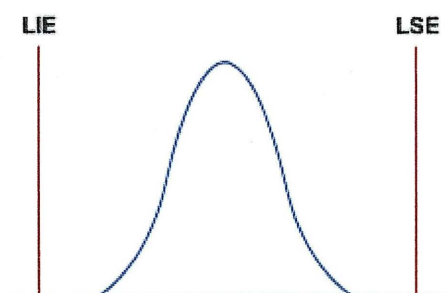


FIGURA 13 - CP E CPK BONS

FONTE: DATALYZER (2006)

Na figura 13 vemos o gráfico do Cp bom, com variação menor que a faixa dos limites de especificação e o Cpk também bom, tendo uma distribuição centrada e variação menor que a faixa dos limites de especificação. Este processo é satisfatório.

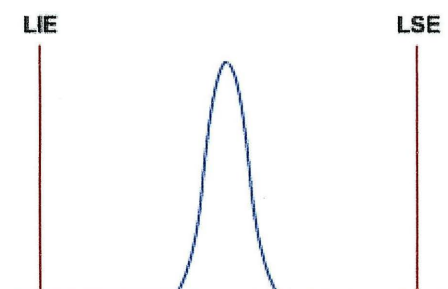


FIGURA 14 - CP E CPK ALTOS

FONTE: DATALYZER (2006)

Na figura 14 vemos o gráfico do Cp alto, com baixa variação em relação à faixa dos limites de especificação e o Cpk também alto, tendo uma distribuição centrada e uma baixa variação em relação à faixa dos limites de especificação. Este processo é capaz.



FIGURA 15 - CP ALTO E CPK BAIXO

FONTE: DATALYZER (2006)

Na figura15 vemos o gráfico com Cp alto e Cpk baixo, em que há um processo com uma variação bem pequena, que gera um Cp ótimo e também geraria um Cpk com valor alto, mas a distribuição não está centrada entre os limites de especificação. Este processo é incapaz.

3 A EMPRESA

3.1 Descrição Geral

A empresa em questão é de médio porte, do ramo de cosméticos e higiene pessoal, a qual possui uma unidade localizada na região de Curitiba – Paraná. Conta com aproximadamente 368 funcionários com uma produção mensal de 10 toneladas, atendendo a todo mercado nacional e com representações na África, Europa, América Latina e América do Norte. Sua planta de produção possui 11 linhas de envase, com capacidade de produção de 1.500.000 frascos/ dia divididos entre 250 produtos em linha.

3.2 Diagnóstico da Situação

O objetivo maior na implantação do CEP é atingir um estado de atitude e comportamento, do pessoal de linha e gerencial, voltado continuamente para a melhoria do processo, o que é conhecido como KAIZEN, termo japonês para aperfeiçoamento contínuo (melhoria contínua).

Os conceitos e as técnicas estatísticas são importantes para o CEP, mas devem ser vistos apenas como auxiliares. O mais importante é desenvolver uma nova cultura na empresa (cultura para produzir com qualidade) que permita a motivação e a cooperação de todos na busca da melhoria contínua de todo o processo. Sem essa nova cultura as técnicas têm pouco efeito significativo. É a nova cultura que propiciará as condições básicas para se extrair o máximo da potencialidade das técnicas estatísticas. Essa nova cultura passa fundamentalmente pela melhoria no nível de educação e de motivação da mão de obra.

O diagnóstico real da empresa poderá ser visto após a apresentação dos resultados obtidos já que a empresa não possui um programa de CEP já implantado para correção de falhas no processo.

3.3 Dificuldades enfrentadas

As dificuldades enfrentadas no processo de implantação do CEP são árduas, porém, todas possíveis de serem superadas. A seguir listamos algumas das principais dificuldades:

- Mudança na “cultura da qualidade” dos funcionários – importância de se fazer certo da primeira vez para melhoria da qualidade, aumento da produtividade e redução de retrabalho.

- Diferença no nível de conhecimento entre os operadores de produção. Isto dificulta bastante o processo de aprendizado e compreensão da ferramenta estatística utilizada.
- Sazonalidade de produção. O processo de produção e envase da empresa possui uma grande sazonalidade de produção, dificultando o processo de amostragem e tomada de ações preventivas.

4 PROPOSTA DO PROJETO

A intenção da empresa hoje é a busca pela manutenção da qualidade, constante formalização e atualização dos processos e a transparência. A qualidade tornou-se um pré-requisito para a sobrevivência das organizações e não é considerado mais um diferencial.

A empresa até então não possuía parâmetros para que os dados fossem transformados em gráficos e informações para que a gerência pudesse também planejar e não somente executar.

A proposta é a verificação do processo através das ferramentas do CEP, identificação da capacidade do processo e da variabilidade existente no processo e a elaboração de um plano de ação.

Neste trabalho o CEP será definido como um processo preventivo de análise contínua de um sistema real, com o propósito de identificar, a partir de dados estatísticos, o comportamento do sistema e avaliar estratégias para melhoria do processo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para construir o gráfico e determinar as linhas de controle (LSC, LM e LIC), foram coletadas 125 amostras, do produto X, com peso nominal de 300g e do produto Y com peso nominal de 50g. Determinado o peso líquido da amostra, as medidas foram agrupadas pela ordem, de cinco em cinco em uma tabela. A primeira amostra foi disposta na coluna 1, a segunda na coluna 2, e assim sucessivamente até a sexta amostra, que foi colocada na coluna 1, abaixo do valor obtido para a primeira amostra.

Para cada uma das linhas da tabela, foram calculadas a média e amplitude. Obtiveram-se assim 25 valores para cada um desses parâmetros. Então, calcularam-se a média total e amplitude total, a partir destes.

Para a variável peso, o gráfico que mais se adequou ao resultado que se deseja obter foi o do tipo “Gráfico de Média”, pois, é o mais utilizado para avaliação por variáveis.

O quadro 2 com os valores utilizados para determinar LSC, LM e LIC encontra-se abaixo.

AMOSTRA					Média (X barra)	Amplitude (R)
1	2	3	4	5		
344,54	318,14	321,94	318,34	310,34	322,66	34,2
322,34	344,94	322,74	340,54	317,14	329,54	27,8
340,54	313,54	314,74	316,54	311,34	319,34	29,2
313,74	313,14	313,14	315,54	316,74	314,46	3,6
344,94	323,54	312,94	322,14	323,94	325,5	32,0
323,54	319,14	317,34	315,94	314,94	318,18	8,6
343,14	344,74	334,14	323,74	336,34	336,42	21,0
315,14	317,34	324,94	323,54	313,74	318,94	11,2
323,54	314,94	316,74	317,14	317,14	317,9	8,6
318,14	316,34	322,94	317,14	310,34	316,98	12,6
314,34	317,54	321,74	316,34	307,94	315,58	13,8
316,74	316,34	319,14	317,94	314,14	316,86	5,0
322,14	318,34	315,34	314,94	318,94	317,94	7,2
314,14	317,54	324,74	311,94	315,94	316,86	12,8
316,34	317,94	334,34	322,14	315,74	321,3	18,6
315,94	321,74	315,94	314,54	317,34	317,1	7,2
320,34	317,34	322,14	319,54	311,34	318,14	10,8
318,34	317,94	320,34	318,74	310,14	317,1	10,2
314,54	310,14	307,94	311,34	310,74	310,94	4,4
307,94	311,74	310,34	308,54	309,74	309,66	3,8
315,74	321,14	313,74	320,54	315,74	317,38	7,4
323,94	322,54	320,34	340,94	322,54	326,06	20,6
316,34	315,54	317,54	318,14	317,54	317,02	2,6
317,54	317,74	321,74	319,74	314,34	318,22	7,4
319,74	316,74	315,54	314,74	314,94	316,34	5,0
SOMA					7976,42	325,6
MÉDIA					319,0	13,0

QUADRO 2 - VALORES DA MÉDIA E AMPLITUDE DO PRODUTO X

O desvio padrão foi calculado a partir da fórmula $\sigma = \bar{R} / d_2$

Logo, $\sigma = 5,59$

Abaixo estão apresentados os cálculos do LSC e LIC.

$$LSC_X = X + A_2 R \quad LSC_X = 326,50$$

$$LIC_X = X - A_2 R \quad LIC_X = 311,50$$

O valor de LM corresponde, então, a média encontrada no quadro 2.

LM = 319,0

As linhas apresentadas por LIE (limite inferior de especificação) e LSE (limite superior de especificação) foram calculadas satisfazendo as exigências de peso da portaria nº 74 de 25 de maio de 1995 do INMETRO. Esta portaria estabelece os critérios para verificação do conteúdo efetivo de produtos pré-medidos, que pode ser definido como todo produto embalado e/ ou medido sem a presença do consumidor, com conteúdo nominal igual e predeterminado na embalagem durante o processo de fabricação, expresso em unidades do Sistema Nacional de Unidades. Esta portaria define a tolerância de massa para os produtos de acordo com quadro 3:

Conteúdo Nominal Qn g ou ml	Tolerância Individual T	
	Percentual de Qn	g ou ml
5 a 50	9	--
50 a 100	--	4,5
100 a 200	4,5	--
200 a 300	--	9
300 a 500	3	--
500 a 1000	--	15
1000 a 10000	1,5	--
10000 a 15000	--	150
15000 a 25000	1	--

Qn é o conteúdo nominal do produto

QUADRO 3 - TOLERÂNCIAS INDIVIDUAIS ADMISSÍVEIS PARA MASSA E VOLUME

FONTE: INMETRO (1995)

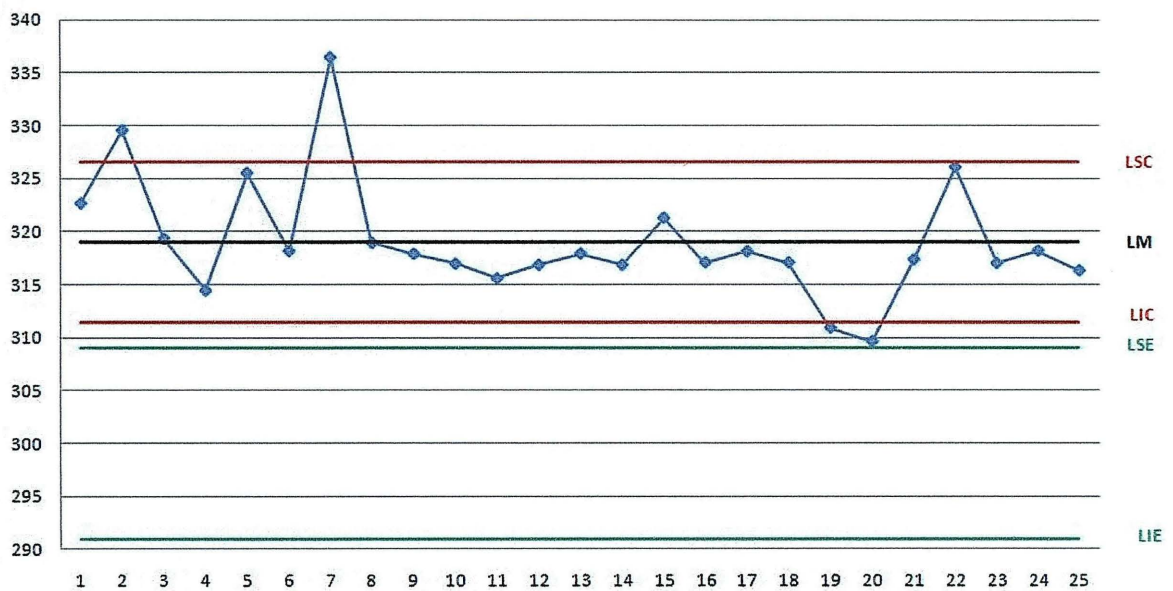


FIGURA 16 - GRÁFICO DA MÉDIA DO PRODUTO X

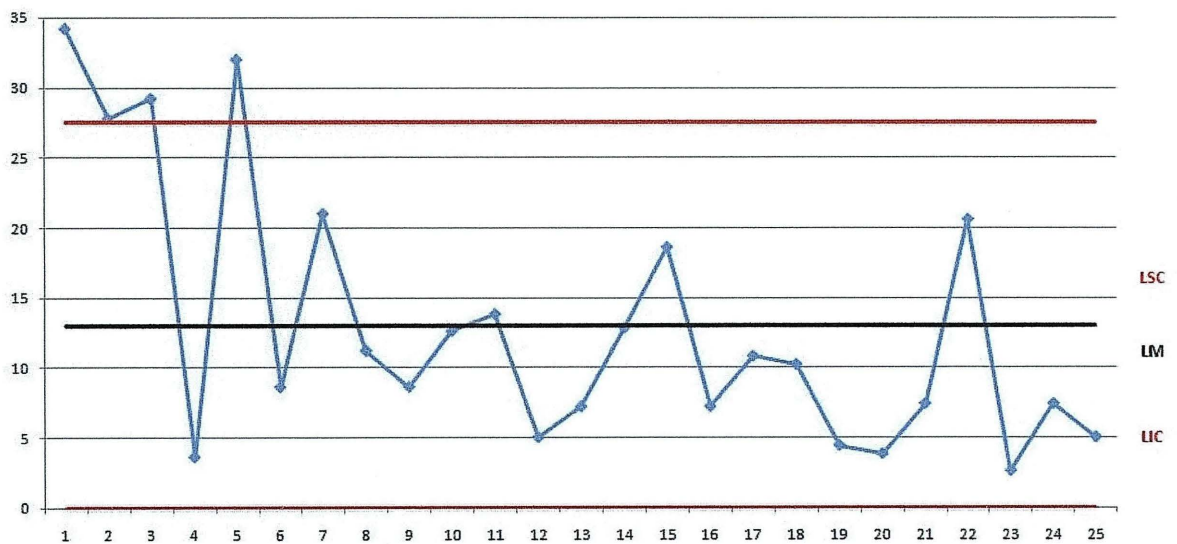


FIGURA 17 - GRÁFICO DA AMPLITUDE DO PRODUTO X

Verifica-se na figura 17, no gráfico da amplitude, que o processo apresenta um comportamento não aleatório, como o declínio nos pontos 3, 5 e 16 e diversos pontos fora dos limites de controle. A amplitude dos pontos 1, 2, 3 e 5 é excessivamente

grande, mostrando uma grande variabilidade no processo. Deve-se identificar a causa especial que causou o aumento da variabilidade e eliminá-la.

Através da análise do gráfico da média do produto X (figura 16) verificamos que o processo está fora de controle, já que possui 4 pontos na região de ação do gráfico de controle (acima do LSC e abaixo do LIC). Deve-se intervir no processo pois o afastamento excessivo desse ponto em relação à linha média (altamente improvável se o processo estiver sujeito apenas às causas aleatórias) deve-se, provavelmente, a alguma causa especial.

Além de o processo estar fora de controle verificamos que o peso do produto está 6,333% acima do peso declarado de 300g. Todos os pontos de gráficos encontram-se acima do limite de especificação. O produto também está acima do peso de acordo com a tabela do INMETRO, que seria de 309g. Isso gera uma perda financeira para a empresa.

Através da figura 16 podemos observar que o processo também está sujeito a causas especiais, que deslocam a distribuição e aumentam a dispersão. Quando, além das causas aleatórias, causas especiais estiverem presentes, o processo é chamado de “fora de controle”.

Grandes variações denunciam a presença de causas importantes, cuja influência está alterando o comportamento do processo.

O índice de capacidade do processo para o produto X foi calculado através da fórmula:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{309 - 291}{6 \times 5,59} = 0,53$$

Através do índice de desempenho do processo pudemos calcular se o processo é capaz ou não, utilizando a fórmula:

$$C_{pk} = \min \left[\frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}; \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \right]$$

$$Cpk = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} = 1,669$$

$$Cpk = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} = -0,596$$

$$Cpk = \text{Mín} [1,669; -0,596]$$

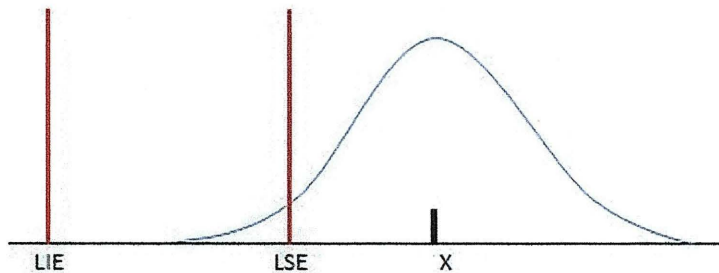


FIGURA 18 - ANÁLISE DA CAPACIDADE DO PROCESSO DO PRODUTO X

Verificamos que a capacidade do processo é inadequada à especificação exigida. Deve-se diminuir a variabilidade para reduzir o número de não conformes e garantir que o produto atenda a especificação.

Como temos como menor valor do Cpk um número negativo podemos verificar que o processo encontra-se fora dos limites de especificação. Este resultado já era esperado porque, se a média do processo não pertencer ao intervalo de especificação, o índice Cpk assumirá valores negativos (SILVA *et al*, 2008).

Se a média do processo não pertencer ao intervalo de especificação o índice Cpk assumirá valores negativos. Aumentos na variabilidade exercem um impacto negativo sobre a capacidade do processo. Esta variabilidade deve ser reduzida para melhorar a capacidade dos processos. O processo é considerado incapaz porque os índices Cp e Cpk estão abaixo de 1.

O quadro 4 com os valores utilizados para determinar LSC, LM e LIC do produto Y encontra-se abaixo.

AMOSTRA					Média (X barra)	Amplitude (R)
1	2	3	4	5		
55,37	53,97	51,37	53,37	55,17	53,85	4,0
55,57	54,37	52,97	52,37	54,57	53,97	3,2
50,77	51,57	51,37	52,97	52,37	51,81	2,2
52,17	51,17	53,17	53,17	54,77	52,89	3,6
54,77	55,37	54,97	54,77	55,17	55,01	0,6
51,37	51,77	47,17	52,97	55,97	51,85	8,8
55,57	51,57	51,17	53,37	54,77	53,29	4,4
50,37	50,37	49,37	54,17	53,97	51,65	4,8
51,57	52,37	49,77	53,57	52,77	52,01	3,8
48,77	48,57	50,17	48,77	47,17	48,69	3,0
51,17	49,57	50,57	53,17	54,37	51,77	4,8
51,17	50,17	50,57	53,57	53,97	51,89	3,8
51,57	48,97	49,77	53,97	54,97	51,85	6,0
50,97	48,77	50,17	53,57	54,17	51,53	5,4
51,17	51,77	50,57	53,57	53,97	52,21	3,4
51,37	51,17	50,37	53,57	53,37	51,97	2,4
50,77	52,37	52,57	53,77	54,37	52,77	3,6
50,17	48,77	52,97	53,77	55,37	52,21	6,6
50,37	50,77	53,17	53,77	54,37	52,49	4,0
49,97	49,57	48,77	48,57	47,17	48,81	2,8
50,57	47,17	50,97	53,97	53,97	51,33	6,8
50,57	52,37	50,77	53,77	51,77	51,85	3,2
51,37	52,37	53,97	54,97	52,77	53,09	3,6
51,17	52,57	52,57	53,57	53,57	52,69	2,4
51,77	53,57	52,77	53,97	51,97	52,81	2,2
SOMA					1304,29	99,4
MÉDIA					52,17	3,9

QUADRO 4 - VALORES DA MÉDIA E AMPLITUDE DO PRODUTO Y

O desvio padrão foi calculado a partir da fórmula $\sigma = \bar{R} / d_2$

Logo, $\sigma = 1,67$

Abaixo estão apresentados os cálculos do LSC e LIC.

$$LSC_X = X + A_2 R \quad LSC_X = 54,41$$

$$LIC_X = X - A_2 R \quad LIC_X = 49,92$$

O valor de LM corresponde, então, a média encontrada no quadro 4.

$$LM = 52,17$$

As linhas apresentadas por LIE (limite inferior de especificação) e LSE (limite superior de especificação) foram calculadas satisfazendo as exigências de peso da portaria nº 74 de 25 de maio de 1995 do INMETRO. Esta portaria estabelece os critérios para verificação do conteúdo efetivo de produtos pré-medidos, que pode ser definido como todo produto embalado e/ ou medido sem a presença do consumidor, com conteúdo nominal igual e predeterminado na embalagem durante o processo de fabricação, expresso em unidades do Sistema Nacional de Unidades. Esta portaria define a tolerância de massa para os produtos de acordo com quadro 3.

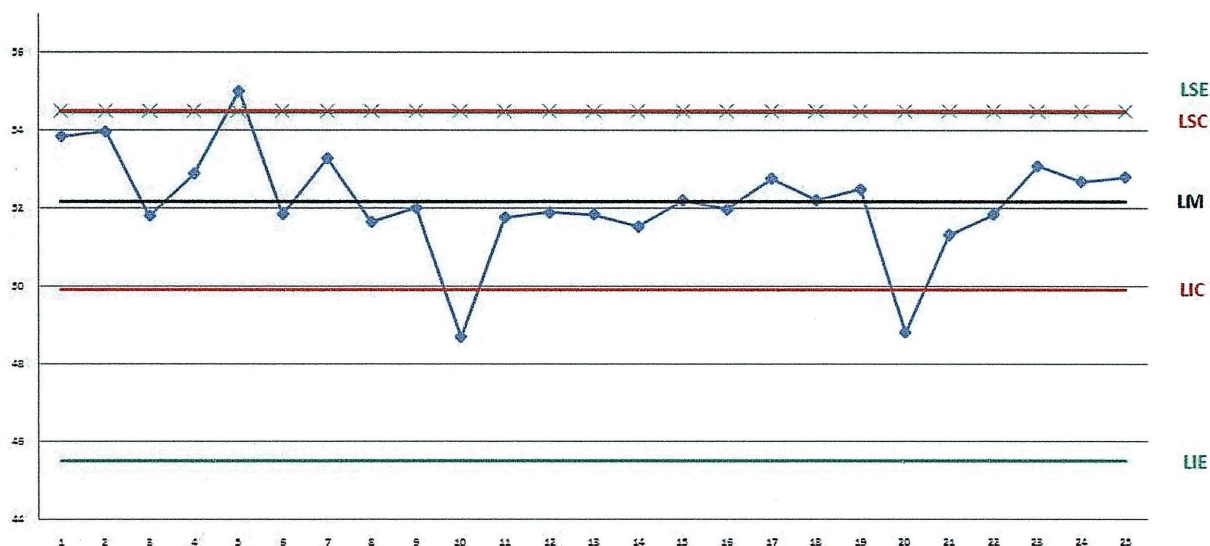


FIGURA 19 - GRÁFICO DA MÉDIA DO PRODUTO Y

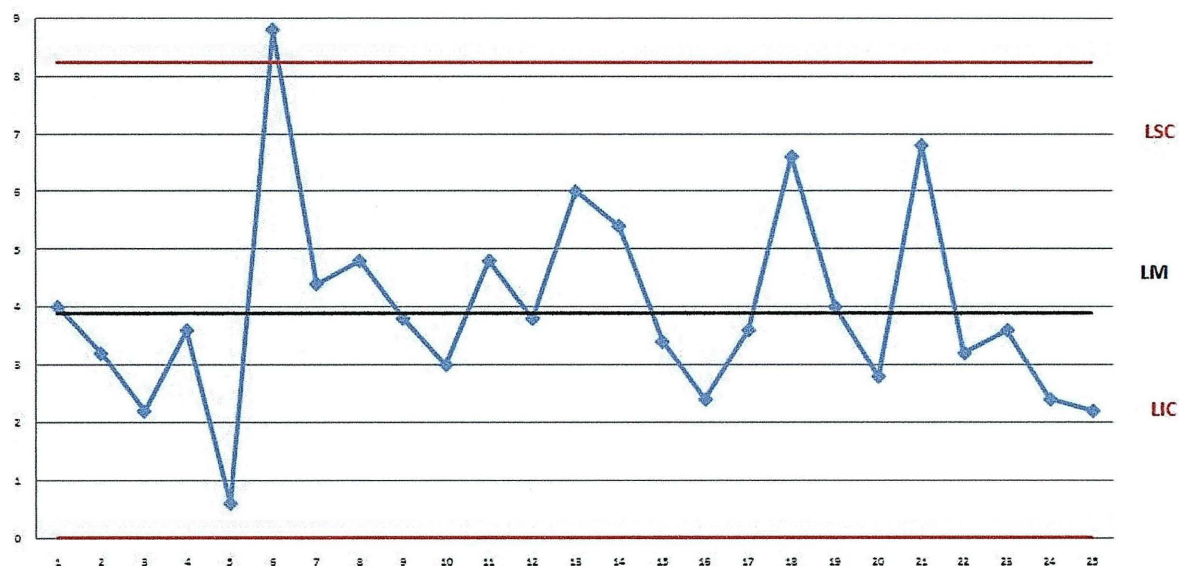


FIGURA 20 - GRÁFICO DA AMPLITUDE DO PRODUTO Y

Através da análise do gráfico da média do produto Y verificamos que o processo é considerado fora do controle, já que possui 3 pontos na região dos limites de controle. Estes pontos fora dos limites de controle podem ser causados pelo deterioramento de uma ferramenta ou componente crítico do processo, mas também pode ser devido a causas humanas, como fadiga dos operadores, falta de supervisão e monitoramento. Indica a presença de causas especiais caracterizando um processo fora do controle estatístico. Observamos também 1 ponto acima da linha superior de especificação.

O produto se encontra dentro da faixa de peso de acordo com o quadro 3 do INMETRO, que seria de 52,25g.

Verifica-se no gráfico da amplitude (figura 20) que o processo apresenta um comportamento aleatório, sem tendências. Se o processo estiver isento de causas especiais a dispersão será menor. O gráfico da amplitude só é sensível a alterações que afetam a dispersão do processo, já que seus limites são calculados em função do desvio padrão (COSTA *et al*, 2004).

O índice de capacidade do processo para o produto Y foi calculado através da fórmula:

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma}$$

$$C_p = \frac{54,5 - 45,5}{6 \times 1,67} = 0,898$$

Através do índice de desempenho do processo pudemos calcular se o processo é capaz ou não, utilizando a fórmula:

$$C_{pk} = \text{Mín} \left[\frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma}; \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} \right]$$

$$C_{pk} = \frac{\bar{X} - LIE}{3\sigma} = 1,333$$

$$C_{pk} = \frac{LSE - \bar{X}}{3\sigma} = 0,465$$

$$C_{pk} = \text{Mín} [1,333; 0,465]$$

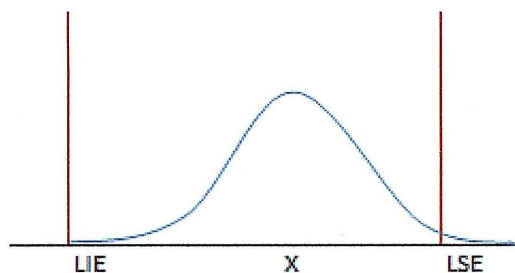


FIGURA 21 - ANÁLISE DA CAPACIDADE DO PROCESSO DO PRODUTO Y

Verificamos que a capacidade do processo é inadequada à especificação exigida. Deve-se realizar o trabalho com um processo mais adequado às especificações visando diminuir a variabilidade para reduzir o número de não conformes e garantir que o produto atenda a especificação.

Apesar dos pontos estarem próximos à média o processo é considerado incapaz pois tanto o C_p quanto o C_{pk} são baixos e não tem uma distribuição centrada.

De acordo com os resultados obtidos através dos gráficos de controle de média dos produtos X e Y de um modo geral, podemos observar que o peso dos produtos é variável. Estes valores de sobrepeso podem ser decorrentes da falta de treinamento dos colaboradores (na regulagem das máquinas), e também pela falta de manutenção dos equipamentos e instrumentos de pesagem que podem apresentar-se descalibradas. Portanto, esses fatores são de fundamental importância para que uma indústria de cosméticos produza com qualidade sem lesar o consumidor e sem estar sujeita a ter prejuízos com multas relacionadas ao peso do produto.

Estas, então podem ser consideradas causas especiais de variação, o que faz com que o processo se apresente fora de controle. Para um processo sob controle é desejável que ele esteja sujeito, apenas, a causas comuns de variabilidade. Isto o torna um processo estável e previsível.

Já as causas comuns podem ser consideradas como aquelas que estão relacionadas às características inerentes da matéria prima utilizada no processo, assim como a variações normais do funcionamento do equipamento (considerando que este se encontra calibrado e em bom estado de funcionamento), ou até mesmo do próprio processo.

Após análise dos gráficos constatamos a necessidade de uma investigação das causas das variações. Para esta verificação usamos o diagrama de Ishikawa, conforme figura 22.



FIGURA 22 - DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Após a elaboração do diagrama de Ishikawa, onde foram listadas as eventuais causas que poderiam ter ocasionado as alterações no peso dos produtos, foi elaborado um plano de ação para a devida regularização da ocorrência, conforme o quadro 5.

O QUE FAZER? (AÇÃO) (WHAT)	QUEM? (WHO)	QUANDO? (WHEN)	ONDE? (WHERE)	POR QUÊ? (Objetivo) (WHY)	COMO? (HOW)	QUANTO CUSTA? (HOW MUCH?)
Montar equipe multidisciplinar	Gerência e coordenação	05/05/09	Envase	Não há equipe multidisciplinar/ para análise de dados	Selecionando entre as pessoas do envase e controle de qualidade	Sem custos adicionais
Treinamento sobre CEP para os operadores	Coordenador e equipe multidisciplinar	18/05/09	Auditório	Explicar o funcionamento do CEP e detalhar os processos	Através de apresentação e apostila	X R\$ material/ operador
Avaliar os dados obtidos no projeto de implantação	Equipe envolvida na implantação do CEP	10/06/09	Auditório	Para selecionar a metodologia usada e fazer adequações	Avaliando os limites das variações encontrados/ gráficos/ metodologias	Sem custos adicionais
Difundir entre operadores o conceito de que CEP é para prevenção e não apenas de detecção	Equipe envolvida na implantação do CEP	30/06/09	Envase	Para diminuição das não conformidades	Apostilas e cartazes	X R\$ material/ operador
Avaliar todos os pontos de coleta de dados do setor piloto em relação a não conformidades : problemas de processo, problemas de projeto, problemas em produto, problemas de mão de obra (operacionais)	Equipe do CEP	20/07/09	Auditório	Para identificação dos pontos sujeitos às falhas	Utilização do formulário de não conformidades para cada item em desacordo , quer seja processo/ produto / equipamento	Sem custos adicionais
Programar manutenção em todos os equipamentos	Equipe de manutenção	Até 03/08/09	Setor de manutenção	Para eliminação das variações nas máquinas	Através da aplicação das normas da Empresa para este tipo de Serviço	R\$/troca de peças

QUADRO 5 - PLANO DE AÇÃO

Outro fator que deve ser levado em consideração, como possível causador das variações provocadas pelas causas especiais, é o horário de coleta das amostras. Pois, se a avaliação do peso em uma fábrica for feita mediante a análise das amostras que

são coletadas sempre num mesmo horário, pode-se concluir erroneamente que a produção mantém o mesmo peso ao longo do dia, apesar das diversas mudanças que ocorrem na linha de produção (MELO, 2004).

De acordo com as análises realizadas a partir das cartas de controle dos produtos X e Y (ANEXOS I e II), pode-se observar que na carta de controle do produto X, o processo encontrava-se em não conformidade e apresentava variações dentro e fora dos limites encontrados. Já na carta de controle da amplitude, houve uma variabilidade das amostras com alguns pontos fora dos limites de controle. O mesmo ocorreu na carta de controle do produto Y. Podemos perceber que os dois processos estão fora do controle estatístico. As variações são muito grandes e não controladas, não se pode prever a produção futura, não existe homogeneidade entre os itens e não há como prever e detectar falhas pois não existe o acompanhamento do processo, o operador apenas opera a máquina. Este processo não é previsível.

Após a implantação o plano de ação e avaliação do diagrama de Ishikawa (figura 22) na tentativa de eliminar parcialmente as causas especiais, foram feitas novas cartas de controle com mesmo número de amostras (ANEXOS III e IV). Apenas a primeira e segunda etapa do plano de ação foi implantado antes da nova verificação e já pudemos observar grandes alterações na média e amplitude das amostras. Através destas novas cartas observamos um processo sob controle, porém, no caso da carta do produto X, incapaz de atender às especificações. Estes processos apresentaram poucas variações, com maior homogeneidade entre os produtos, sendo considerado um processo previsível.

O cálculo dos limites de controle e os gráficos foram realizados de forma a evidenciar a melhoria após o treinamento. Os gráficos 23 e 24 do produto X, e 25 e 26 do produto Y mostram o comportamento do processo através dos gráficos de controle elaborados a partir das médias e de suas amplitudes.

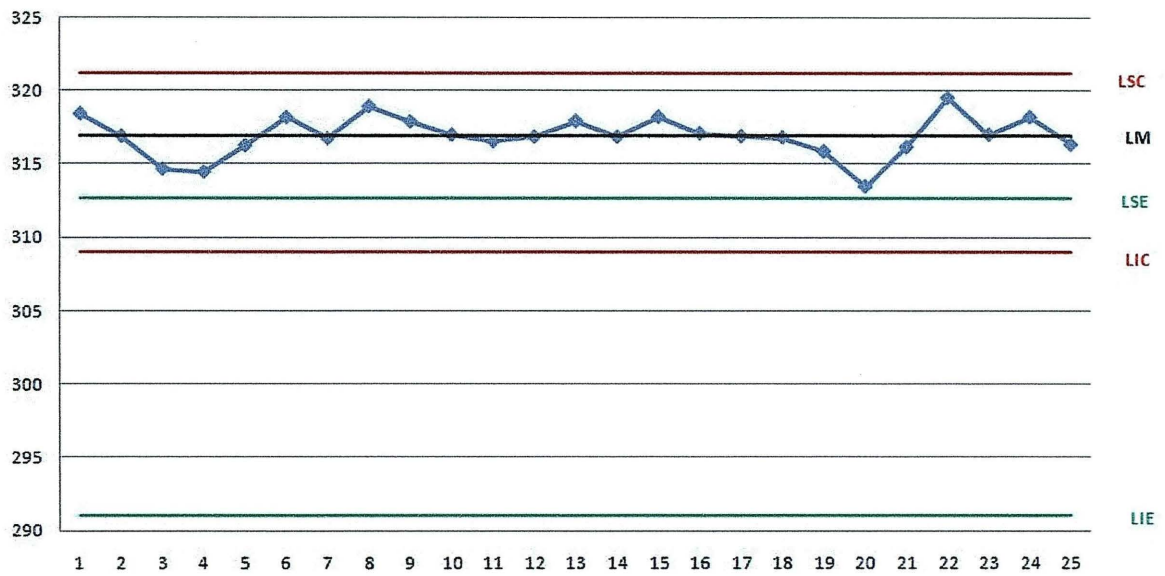


FIGURA 23 - GRÁFICO DA MÉDIA DO PRODUTO X APÓS AÇÕES IMPLANTADAS

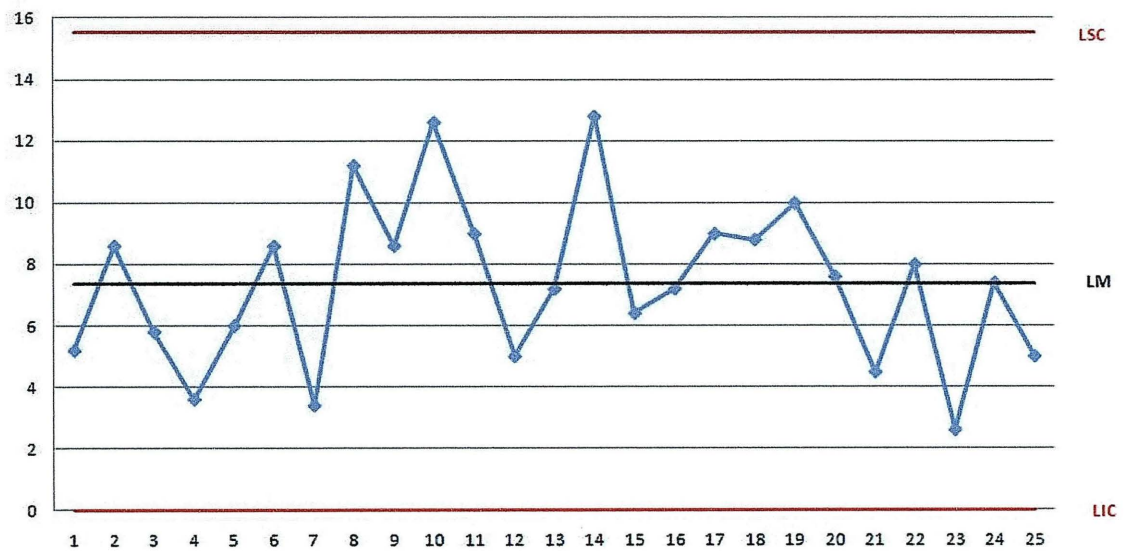


FIGURA 24 - GRÁFICO DA AMPLITUDE DO PRODUTO X APÓS AÇÕES IMPLANTADAS

Observa-se uma grande evolução em termos de variabilidade. Ainda é possível observar algumas tendências, como no gráfico de R, mas é possível concluir que o

processo encontra-se mais estável. O principal ponto a se observar é que não houve a redução do sobrepeso, devido aos limites de especificação do produto.

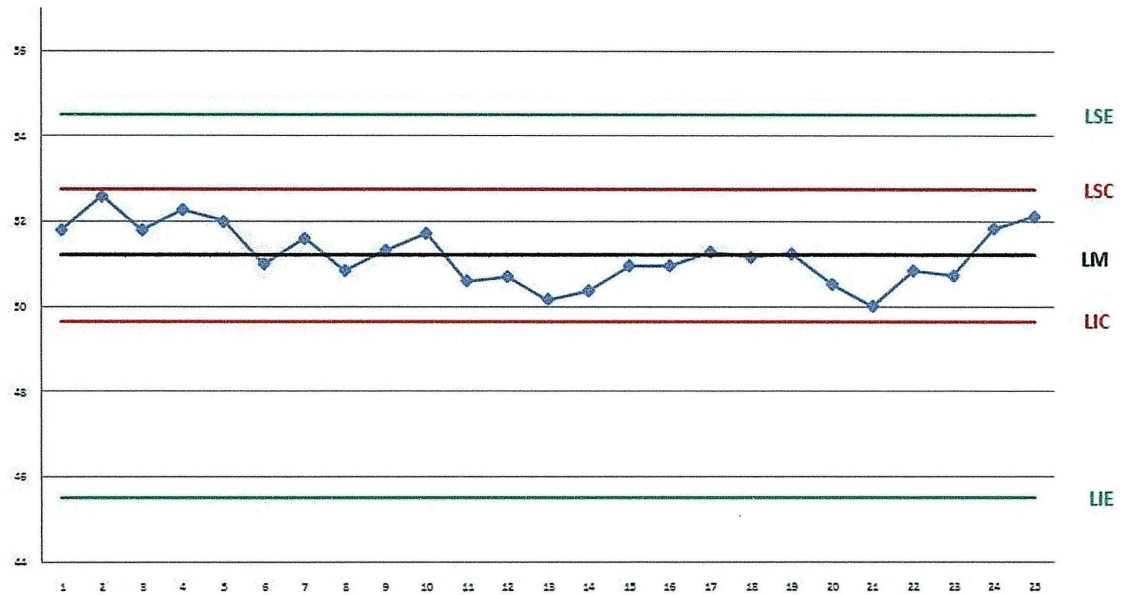


FIGURA 25 - GRÁFICO DA MÉDIA DO PRODUTO Y APÓS AÇÕES IMPLANTADAS

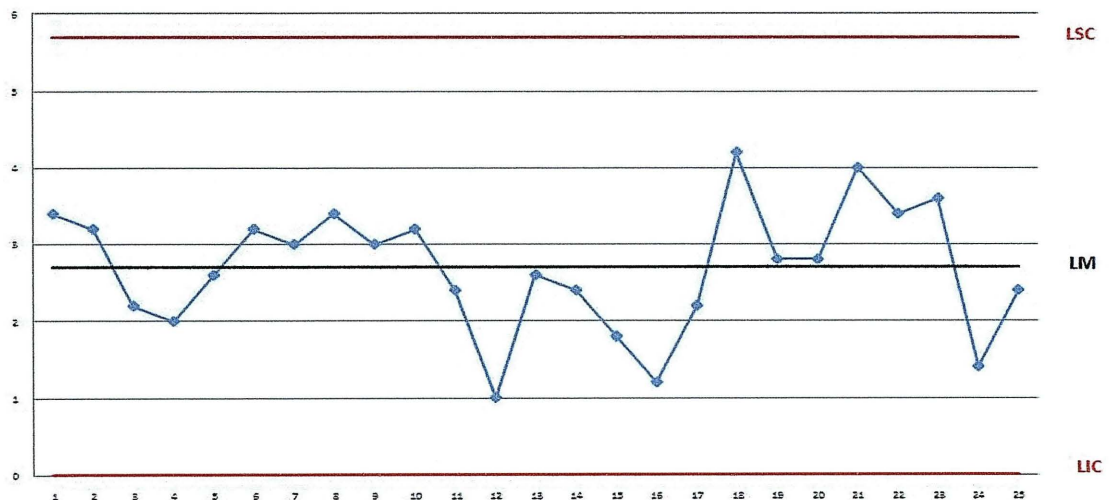


FIGURA 26 - GRÁFICO DA AMPLITUDE DO PRODUTO Y APÓS AÇÕES IMPLANTADAS

Avaliando novamente a capacidade do processo do produto X através do índice Cp e Cpk obteve-se um índice de 0,949 para o Cp e um índice Cpk mín [2,73; -0,836].

Apesar de ter havido uma melhora significativa na média e amplitude do processo, essa descentralização evidencia ainda um grande sobrepeso no produto, já que o peso continua muito acima do limite superior especificado, de acordo com as normas do INMETRO. Este processo é considerado incapaz de atender às especificações. Quanto maior o índice C_p , menos provável que o processo esteja fora das especificações.

Comparando-se com os limites de especificação do produto que são de 291,0 g para o mínimo e 309,0 g para o máximo, comprova-se a suposição descrita de que o processo, em média, estava produzindo produtos com peso acima das especificações, dado que o alvo é de 300,0 g, gerando assim perdas financeiras para a empresa.

Para a nova verificação do produto Y encontrou-se um índice de 1,293 para o C_p e índice C_{pk} mín [1,64; 0,94]. Neste caso houve uma grande melhora nos valores de média e amplitude e dos valores de capacidade do processo. Como o valor de C_p está entre 1,0 e 1,33 podemos considerar que a capacidade está dentro da especificação exigida, porém ainda deve-se diminuir a variabilidade do processo, pois esta pode gerar produtos não conformes. Para o valor de C_{pk} , verificamos que o processo ainda não é capaz, pois o valor é abaixo de 1,0.

Levando-se em conta que o índice C_p mede a dispersão do processo com relação aos limites de especificação sem levar em conta a localização da média do processo, é possível que se tenha uma porcentagem de itens fora das especificações, mesmo com um C_p alto, devido a uma localização da média do processo suficientemente próxima ao limite de especificação.

Embora a carta de controle do produto X tenha menos variação, o peso do produto ainda está 5,64% acima do valor alvo. Isto significa que, um lote de 1.000 kg do produto X renderia 3.333 peças envasadas em um processo normal e a média no alvo, porém, com a média 316,93 g, são envasadas 178 peças a menos.

Por tratar-se de uma característica de qualidade, o percentual de produtos acima da especificação deve ser minimizado, já que afeta diretamente na produção e no custo do produto. O caráter instável do processo permite utilizar o estudo de capacidade apenas como representação dos dados históricos de processo, e não para previsões futuras (PIRES, 2000).

Verificamos que é possível a aplicação das cartas de controle, podendo identificar possíveis falhas no processo produtivo da empresa, enfatizando a aplicação do CEP, já que o mesmo apresentou variações no processo. Através do CEP a empresa terá a capacidade de gerar produtos que atendam às especificações legais ou mercadológicas, proporcionando aos gestores do processo produtivo a melhoria da qualidade dos produtos fabricados e uma redução dos custos de produção.

A qualidade de um produto não pode ser aperfeiçoada a menos que suas características possam ser identificadas e medidas. Dentro deste contexto, a variabilidade é uma característica importante de controle para o bom desempenho do produto.

6 CONCLUSÕES

Conclui-se que para o controle de peso de produtos cosméticos, o tipo de avaliação mais adequada é por meio da análise de variáveis, que classifica as amostras com valores definidos dentro de uma faixa pré-definida.

O problema de sobrepeso foi evidenciado pela qualidade e acompanhamento do processo, que mostravam valores de perda do produto. Por outro lado existia uma preocupação da empresa em atender as exigências de peso da portaria nº 74 do INMETRO que estabelece os critérios para verificação do conteúdo efetivo de produtos pré-medidos.

A definição da carta de controle utilizada para análise da qualidade baseou-se na estrutura de dados já montada, na unidade de medida das variáveis e no grau de desvio apresentado pelo conjunto de dados. Assim sendo, utilizou-se as cartas X e R para verificar se a variabilidade do processo apresentava-se sob controle, e se o método proposto era eficiente na detecção de problemas.

A verificação das cartas de controle possibilitou à empresa obter uma “radiografia” dos seus processos. Considerando que, aquilo que não se consegue medir não se consegue controlar, a utilização do CEP em diferentes pontos estratégicos gerou informações que contemplavam desde a elaboração do produto até a sua saída para o mercado, possibilitando aos responsáveis tomar as ações necessárias para a melhoria dos processos.

As cartas ou gráficos usados em estatística ilustram o processo, e se usadas de maneira que sejam continuamente atualizadas, estas cartas representam o processo dinâmico da produção (MELO, 2004).

O uso da técnica estatística, além de fornecer dados para a otimização dos processos e redução de desperdícios, também serve como um fator de motivação para os funcionários envolvidos.

A implantação do Controle Estatístico de Qualidade deve ser considerada como um processo de mudança organizacional e comportamental de toda a empresa. A direção da empresa tem papel fundamental no sucesso na implementação da melhoria da qualidade e produtividade. Percebe-se a necessidade e a importância do diálogo

entre chefia e funcionários objetivando a troca de informações. Através da coleta de dados do processo e análise de como o sistema reage à mudança nas variáveis do processo, é fundamental para determinar o que deve ser mudado, e como deve ser iniciado o processo de mudança. Para isto, destaca-se a importância do uso de métodos estatísticos, como a inspeção de qualidade e cartas de controle.

Convém destacar que a melhoria contínua, base que sustenta a melhoria de processos, é bem mais ampla que apenas a aplicação de métodos e ferramentas. Por isso, ela precisa ser vista como um processo que depende de uma filosofia gerencial, que oriente e planeje as ações a serem tomadas para executar as mudanças necessárias. Desta maneira, um gerente não precisa ser um especialista em métodos estatísticos, mas precisa entender sua finalidade e incentivar seu uso (RAMOS, 2000).

Portanto, o Controle Estatístico de Processo é uma ferramenta de qualidade de suma importância dentro da indústria de cosméticos. Esse controle exige envolvimento de todas as pessoas integrantes do sistema produtivo ou da empresa, onde se deve ter uma confiança mútua (MELO, 2004).

Por outro lado, a empresa também quer garantir que o produto chegue até as mãos do consumidor com qualidade. Quando esta é multada com algum produto fora de especificação da embalagem como, por exemplo, um produto com peso abaixo do que está estipulado no rótulo, poderá ser multada com valores absurdos e ainda fica sujeita a responder processo na justiça tendo que retirar todo o lote do mercado.

Temos ainda o caso de produtos que vão para o mercado com sobrepeso, representando desperdício para a empresa e, conseqüentemente, elevação dos custos, mão-de-obra, tempo, entre outros. E isso não é o que as empresas atualmente almejam. O que as empresas visam é uma maior produtividade, a um custo mínimo e com máxima qualidade para atender seu consumidor, tendo assim o diferencial no mercado.

Os resultados obtidos a partir da metodologia proposta mostraram que a maioria das variáveis encontram-se fora de controle, indicando que deve ser realizado um acompanhamento sistemático de todo o processo com objetivo de melhorar a performance dos produtos.

Torna-se necessário que, após a construção das cartas de controle, é preciso aplicar ações corretivas durante a produção, no exato momento em que se observa a falha, evitando assim, problemas para a empresa e prevenindo novas falhas. Estas ações poderiam ser a prevenção de falhas dos equipamentos e balanças, a correta injeção de ar na massa (ou seja, um equilíbrio) entre outros.

Apesar de todo o potencial que o CEP apresenta para gerenciamento dos processos o seu uso por si só poderá não surtir efeito algum, tendo em vista que este passa pela consolidação da cultura do pensamento estatístico em todos os níveis hierárquicos da empresa.

Dessa forma, pode-se afirmar que o CEP é uma ferramenta simples em sua aplicação, capaz de permitir uma maior compreensão do processo, possibilitando muitas vezes rápidas ações de controle pelo pessoal de operação, rica nos resultados que pode apresentar sobre o comportamento do processo e apta a ser aplicada em vários processos farmacêuticos. O CEP não pode tornar-se um mero indicador de não conformidades em um processo, pois esta ferramenta oferece um vasto número de informações que quando compreendidas, podem indicar precisamente quais os pontos críticos e onde as melhorias devem ser feitas. É evidente que o profundo conhecimento do processo é um fator determinante nessa investigação, mas a completa utilização desta ferramenta deve ser feita de forma investigativa, com o adjetivo de correção tornando a produção de medicamentos um procedimento seguro. (LIMA *et al*, 2006)

O CEP precisa estar difundido de forma que os responsáveis pelos itens de controle tenham como atuar sobre os itens de verificação que o causam, ou seja, precisam de autonomia sobre os indicadores relacionados com a variável que estão controlando. Caso isso não ocorra, o tempo entre a detecção de um problema e a sua solução pode ser acrescido desnecessariamente.

A conscientização e treinamento dos funcionários da empresa sobre a importância do controle de qualidade e de conceitos elementares de estatística também são de relevante importância.

O estudo de caso realizado apontou para alguns aspectos sobre o uso do CEP que quando levados em consideração podem auxiliar no uso efetivo do controle

estatístico de processos. No entanto, destaca-se que futuras pesquisas podem elucidar melhor os fatores que precisam ser considerados na implantação do CEP.

Este trabalho foi apenas o início da implantação das ferramentas básicas do Controle Estatístico de Qualidade, para a sua consolidação há a necessidade da continuidade do uso destas técnicas, o estudo de custos de produção, com a finalidade de que as metas de melhoria sejam atingidas.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista que o modelo proposto por este trabalho aborda basicamente a utilização de uma única ferramenta de melhoria, tanto as técnicas descritas como a análise dos resultados obtidos não esgotam o assunto. Deste modo, algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser sugeridas:

Reaplicar o modelo proposto:

Os resultados apresentados neste trabalho mostraram que existem fontes de variação que interferem nos gráficos de controle, ocasionando em muitos deles excessiva ocorrência de pontos fora de controle ou tendências. Assim que estas fontes de variação forem eliminadas recomenda-se que o mesmo modelo seja executado novamente para daí então avaliar a real precisão e capacidade do processo.

Avaliar novos tipos de cartas de controle:

Partindo-se do pressuposto que as características de processo identificadas que interferem na variabilidade não serão eliminadas, observa-se a necessidade de um estudo estatístico mais aprofundado a respeito de todo o processo avaliado, aplicando outros tipos de cartas de controle, ou até mesmo através da utilização de técnicas de séries temporais.

Implantar o modelo em outros departamentos da empresa:

O trabalho aqui apresentado referiu-se apenas ao processo de implantação de CEP aplicado ao envase de dois produtos da empresa. Seria interessante que fosse desenvolvido um trabalho semelhante nas demais áreas ou etapas de controle, a fim de se cobrir todos os aspectos qualitativos envolvidos no processo de produção.

Utilizar métodos multivariados para análise conjunta de variáveis:

Como a quantidade de variáveis e diferentes produtos é bastante grande, uma maneira de facilitar a análise e interpretação dos resultados seria aplicar métodos multivariados para a construção das cartas de controle. Deste modo pode-se analisar, além da ocorrência de pontos fora de controle, a relação existente entre as variáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIHPEC. **Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos**. Disponível em <http://www.abihpec.org.br/noticia_hppc.php>. Acesso em 12/07/09.

ABNT, NBR 5426 (a). **Planos de amostragem e procedimento na inspeção por atributo**, 63p, Jan 1985.

ABNT, NBR 5427 (b). **Guias para utilização da norma NBR 5426 – Planos de amostragem e procedimentos na inspeção por atributos**, 26 p, Jan 1985.

ACHCAR, J.A. **Controle Estatístico de Qualidade: uma ferramenta essencial para as indústrias**. Disponível em <http://www.sigmatreicon.com.br/arquivosNI/Introdução_ao_controle_de_qualidade.pdf>. Acesso em 12/06/09.

ALMAS, F. **Implementação de Controle Estatístico de Processos em uma empresa têxtil**. Dissertação. Universidade Federal de Itajubá, 2003. Disponível em <<http://adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0031144.pdf>>. Acesso em 30/07/09.

BASTOS FILHO, F. J. C. **Uma proposta de metodologia para acompanhamento do desempenho de turbinas hidráulicas tipo Francis**. Universidade Federal de Santa Catarina, 1998. Disponível em <<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/bastos/>>. Acesso em 04/08/09.

BEZERRA, P.R.C., MOURA, F.V. **Controle Estatístico de Qualidade Hospitalar**. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2004. Disponível em <[http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/81D60459E3289CAC03256EED0070B751/\\$File/NT0008E292.pdf](http://www.biblioteca.sebrae.com.br/bds/BDS.nsf/81D60459E3289CAC03256EED0070B751/$File/NT0008E292.pdf)>. Acesso em 30/07/09.

BONDUELLE, G. **Ferramentas de Controle**. Módulo: Qualidade Total para a produção florestal. Universidade Federal do Paraná. Disponível em <<http://www.madeira.ufpr.br/portal12/downloads/ghislaine/cep.pdf>>. Acesso em 30/07/09.

COSTA, A.F.B.; EPPRECHT, E.K.; CARPINETTI, L.C.R. **Controle Estatístico de Qualidade**. 1ª Edição. São Paulo, Editora Atlas, 2004.

DAL'CORTIVO, Z. **Aplicação do controle estatístico de processo em seqüências curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento econômico**. Dissertação. Universidade Federal do Paraná, 2005. Disponível em <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/3119/1/arquivo%20completo%20IV.pdf>>. Acesso em 12/06/09.

DINIZ, M.G. **Desmistificando o controle estatístico de processo**. 1ª Edição. Artliber Editora. São Paulo, 2001.

DATALYZER, 2006. Disponível em <<http://www.datalyzer.com.br/site/suporte/administrador/info/arquivos/info57/57.html>>. Acesso em 28/05/09.

INDEZEICHAK, V. **Análise do Controle Estatístico da Produção para Empresa de Pequeno Porte: um Estudo de Caso**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2005. Disponível em <http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/dissertacoes/diss_2005/dissertação_Vilmara.pdf>. Acesso 02/07/2009.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria INMETRO nº 74 de 25 de maio de 1995**. Disponível em <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC000183.pdf>>. Acesso 28/05/09.

LIMA, A.A.N., LIMA, J.R., SILVA, J.L., ALENCAR, J.R.B., SOARES-SOBRINHO, J.L., LIMA, L.G., ROLIM-NETO, P.J. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo na Indústria Farmacêutica**. Rev. Ciênc. Farm. Básica Apl., v. 27, n.3, p.177-187, 2006. Disponível em <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/Cien_Farm/article/viewFile/380/364>. Acesso 12/06/09.

LOPES, L.F.D. **Apostila – Controle Estatístico de Processo**. Universidade Federal de Santa Maria, 2007. Disponível em <<http://www.ebah.com.br/cep-controle-estatistico-de-processo-pdf-a6788.html>>. Acesso em 27/05/09.

MELO, K. C. **Utilização das Cartas de Controle de Média para avaliação de peso em sorvetes**. Universidade Católica de Goiás, 2004. Disponível em <http://www.ucg.br/ACAD_WEB/professor/SiteDocente/admin/arquivosUpload/8930/matmater/TCCKarine%20UTILIZAÇÃO%20DAS%20CARTAS%20DE%20CONTROLE%20DD%20MÉDIA%20PARA%20AVALIAÇÃO%20DE%20PESO%20EM%20SORVETES.pdf>. Acesso em 04/08/09.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Process Control**. John Wiley & Sons, New York, 1985

PALADINI, E. P. **Controle de Qualidade: Uma abordagem abrangente**. São Paulo. Editora Atlas, 1990.

PALADINI, E.P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. 2ª Edição, São Paulo, Editora Atlas, 2004.

PIRES, V.T. **Implantação do Controle Estatístico de Processos em uma empresa de manufatura de óleo de arroz**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000. Disponível em <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/1500/000198842.pdf?sequence=1>>. Acesso em 12/06/09.

RAMOS, A.W. **CEP para processos contínuos e em bateladas**. 1º Edição. São Paulo, Edgard Blucher, 2000.

SANTOS, A.P.; GONDIM, C. **O Custo da Qualidade como Ferramenta para a Competitividade**. Universidade Católica de Brasília, 2004. Disponível em <<http://www.contabeis.ucb.br/sites/000/96/00000176.pdf>>. Acesso 12/06/09.

SANTOS, M.A. **A importância do uso das ferramentas da estatística no processo de medição do consumo de água. Estudo de caso: “queda do volume micro medido no Jd. Guerreiro- setor 711 do município de cotia – SP”**, 2007. Disponível em <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/24CBES/XI-068.pdf>>. Acesso em 27/05/09.

SILVA, A.P.G., BÁGGIO, M.A., MAÓSKI, A. **O uso do Controle Estatístico do Processo para melhorar o desempenho das empresas de saneamento**. São Paulo, 2008. Disponível em <<http://www.semasa.sp.gov.br/admin/biblioteca/docs/pdf/35Assemae089.pdf>>. Acesso em 27/05/09.

SILVA, G.C.S.; RIBEIRO, F.C.; MÉLO, M.A.N. **Aplicação do Controle Estatístico de Processo para análise de sobrepeso de uma linha de desodorantes em uma indústria de higiene pessoal**. Rio de Janeiro, 2008. Disponível em http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2008_TN_STO_070_498_11542.pdf. Acesso em 22/07/09.

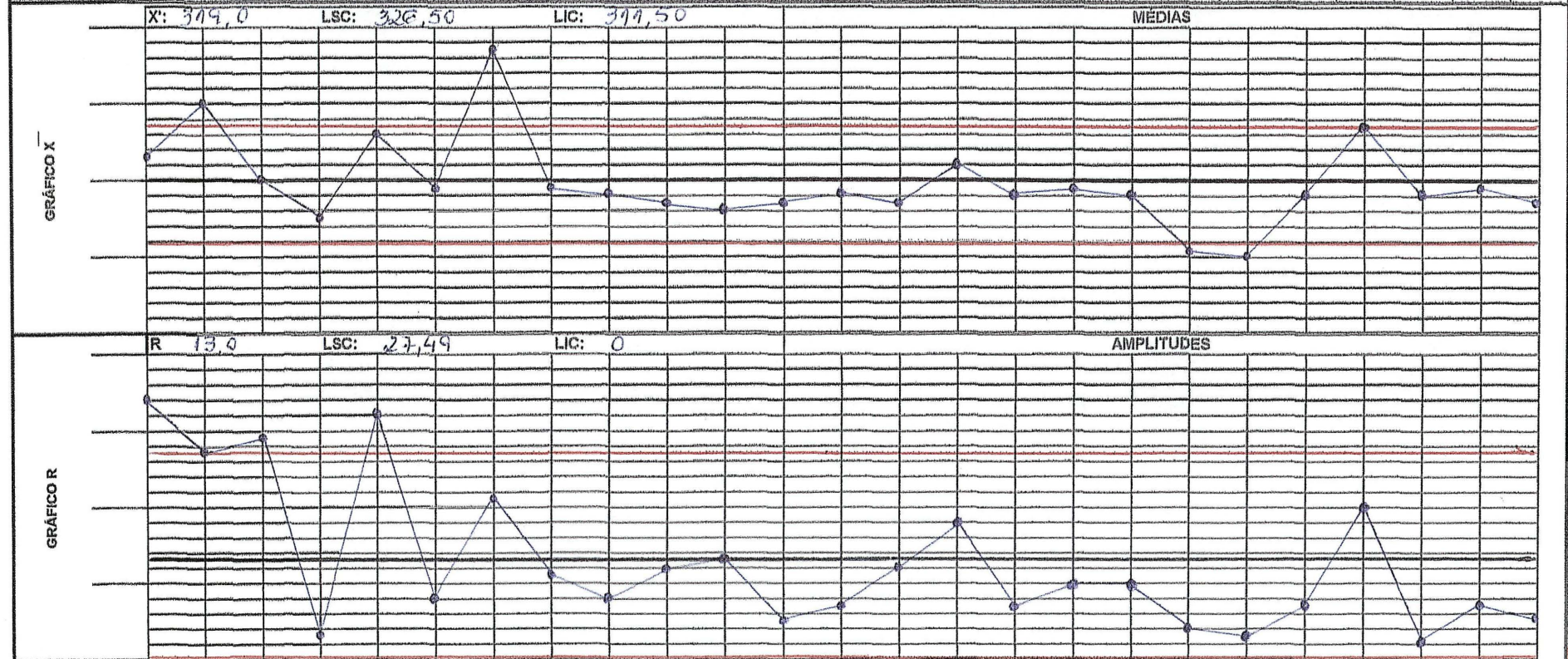
SOARES, V. de L. M. de P.. **Aplicação e Implantação do Controle Estatístico de Processo em Pintura Industrial**. Florianópolis: UFSC, 2003. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em <http://www.qualimetria.ufsc.br/dissertacoes_arquivos/valentina.pdf>. Acesso em 03/08/09.

TOLEDO, J.C. **Introdução ao CEP – Controle Estatístico de Processo**. Universidade Federal de São Carlos, 2006. Disponível em <<http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/CEP-ApostilaIntroducaoCEP2006.pdf>>. Acesso em 27/05/09.

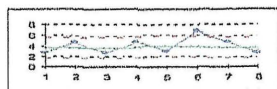
ANEXO I – CARTA DE CONTROLE DO PRODUTO X

CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

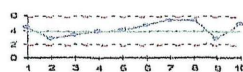
DATA	HORA INICIO		PRODUTO		ALVO		MAQ. OU EQUIP		LINHA		OPERADOR															
28/04/09	08:10:16		X		300g		C09		03		ELISETTE															
LEITURAS	1	344,54	322,34	346,54	313,74	344,44	323,54	343,14	315,14	323,54	318,14	314,34	316,74	322,84	314,14	316,34	315,94	320,34	348,34	314,54	307,94	315,74	323,94	316,34	317,54	319,74
	2	348,14	344,94	313,54	313,14	323,54	314,14	344,74	317,34	314,94	316,34	317,54	316,34	318,34	317,54	317,94	321,74	317,34	317,94	310,14	311,74	321,14	322,54	315,54	317,34	316,74
	3	321,94	323,74	314,74	313,14	312,44	317,34	334,14	324,44	316,74	322,94	321,74	319,14	315,34	324,74	324,34	315,94	322,14	320,34	307,94	340,34	313,74	320,34	317,54	321,74	315,54
	4	318,34	340,54	316,54	315,54	322,14	315,94	323,74	323,54	317,14	317,14	316,34	317,94	314,94	311,94	322,14	314,54	319,54	318,74	311,34	308,54	320,54	340,94	318,14	319,74	314,74
	5	310,34	317,14	311,34	316,74	323,44	314,94	336,34	313,74	317,14	310,34	307,94	314,14	318,94	315,34	315,74	317,34	311,34	320,14	340,74	309,74	315,74	322,54	317,54	314,34	314,94
MÉDIA	322,66	329,54	319,34	314,46	325,5	318,18	336,42	318,94	317,90	316,98	315,58	316,86	317,94	316,86	321,30	317,40	318,14	317,1	340,94	309,66	317,33	320,66	317,02	318,22	316,34	316,34
Amplitude R	34,2	27,8	29,2	3,6	32,0	8,6	21,0	11,2	8,6	12,6	13,8	5,0	7,2	12,8	18,6	7,2	10,8	40,2	4,4	3,8	7,4	20,6	2,6	7,4	5,0	5,0
HORA	08:10	08:20	08:30	08:40	08:50	09:00	09:10	09:20	09:30	09:40	09:50	10:00	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	11:00	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50	12:00	12:10	12:10



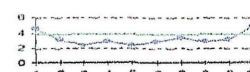
1- Pontos fora dos limites de controle.



2- Tendência. 07 pontos consecutivos para cima ou para baixo.



3- Contida. 07 pontos consecutivos abaixo ou acima da média.

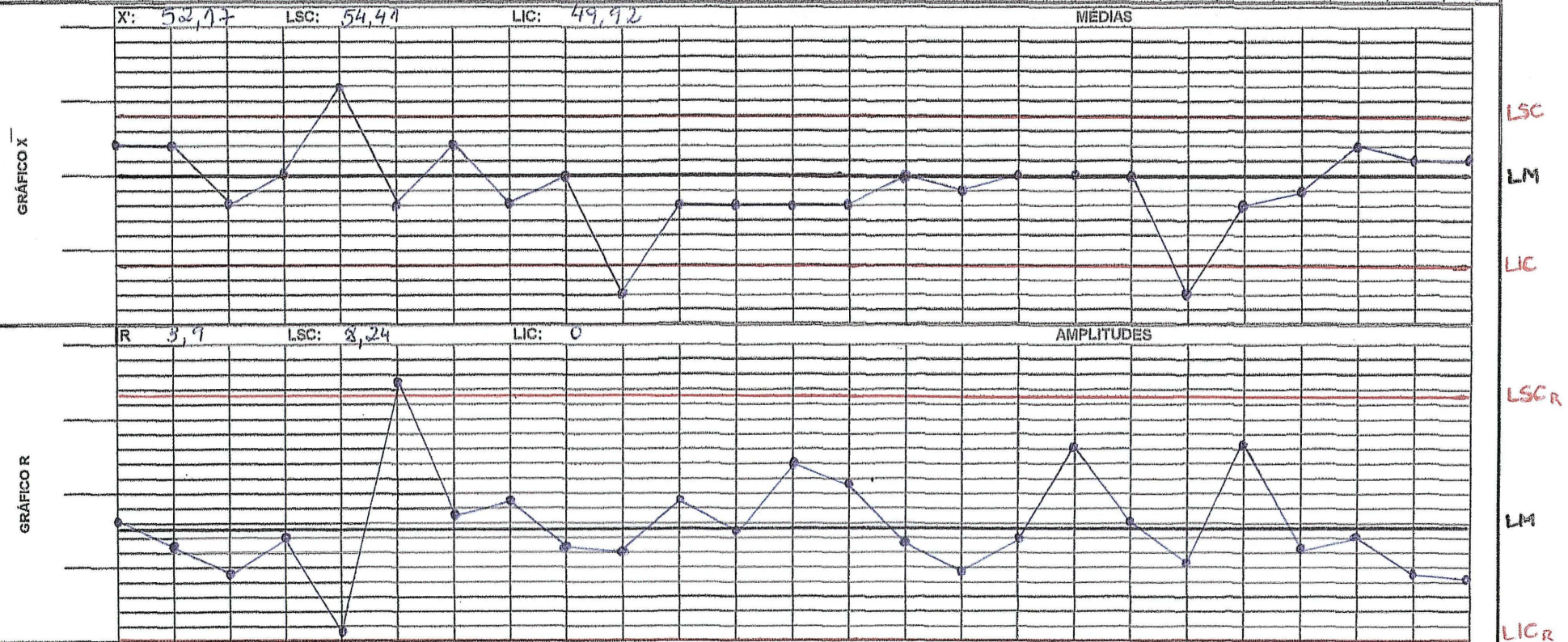


DATA	HORA	COMENTÁRIOS

ANEXO II – CARTA DE CONTROLE DO PRODUTO Y

CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

DATA	HORA INICIO	PRODUTO										ALVO		MAQU. OU EQUIP.				LINHA		OPERADOR						
29/04/09	13:30R	Y										50g		C04				04		PATRICIA						
LEITURAS	1	55,37	55,57	50,77	52,17	54,77	51,37	55,57	50,37	51,57	48,77	54,17	51,17	51,57	50,77	54,17	51,37	50,77	50,17	50,37	49,97	50,57	50,57	51,37	51,17	51,77
	2	53,97	54,37	54,57	54,17	55,37	51,77	54,57	50,37	52,37	48,57	49,57	50,17	48,77	51,77	51,17	52,37	48,77	50,77	49,57	47,17	52,37	52,37	52,57	53,57	
	3	54,37	52,77	54,37	53,17	54,97	47,17	51,77	49,37	49,37	50,17	50,57	50,57	49,77	50,17	50,57	50,77	52,57	52,97	53,17	48,77	50,77	50,77	53,97	52,57	52,77
	4	53,37	52,37	52,97	53,17	54,77	52,97	53,37	54,17	53,57	48,77	53,17	53,57	53,97	53,57	53,57	53,77	53,77	53,77	48,57	53,97	53,77	54,97	53,57	53,97	
	5	55,17	54,57	52,37	54,77	55,17	55,97	54,77	53,77	52,77	47,17	54,37	53,77	54,97	54,17	53,77	53,37	54,37	55,37	54,37	47,17	53,97	51,77	52,77	53,57	51,77
MÉDIA		53,85	53,97	51,81	52,87	55,01	51,85	53,29	54,65	52,01	48,64	51,77	51,85	54,53	52,21	51,77	52,77	52,21	52,21	48,81	51,33	54,85	53,09	52,69	52,81	
Amplitude R		4,0	3,2	2,2	3,6	0,6	8,8	4,4	4,8	3,8	3,0	4,8	3,8	6,0	5,4	3,4	2,4	3,6	6,6	4,0	2,8	6,8	3,2	3,6	2,4	2,2
HORA		13:30	13:40	13:50	14:00	14:10	14:20	14:30	14:40	14:50	15:00	15:10	15:20	15:30	15:40	15:50	16:00	16:10	16:20	16:30	16:40	16:50	17:00	17:10	17:20	17:30



Year	Number of Patients
1	4.5
2	3.5
3	3.0
4	3.2
5	3.0
6	3.5
7	3.8
8	4.5
9	3.5
10	4.0

DATA	HORA	COMENTÁRIOS

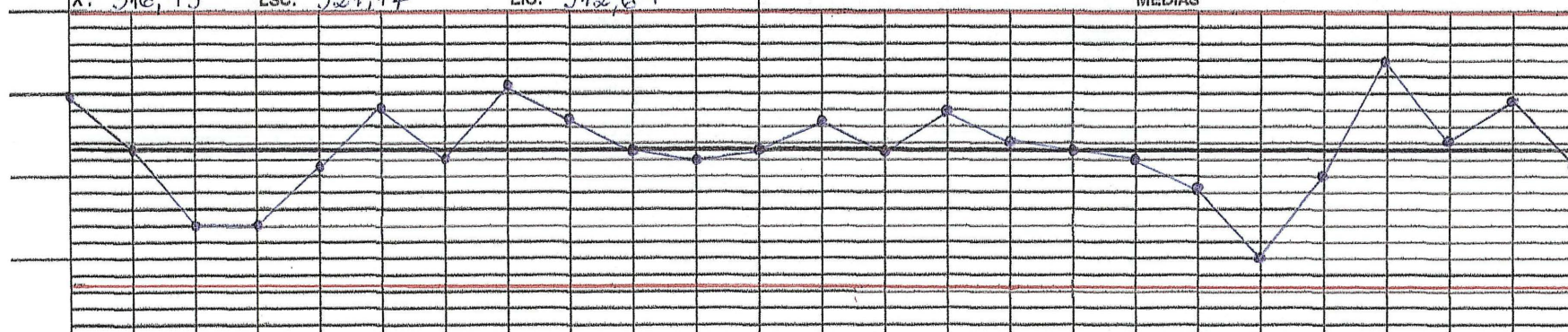
**ANEXO III – CARTA DE CONTROLE DO PRODUTO X APÓS AÇÕES
IMPLANTADAS**

CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

DATA	HORA INICIO		PRODUTO		ALVO		MAQ. OU EQUIP		LINHA		OPERADOR	
26/05/09	10:00 L		X		300 g		C09		03		PATRICIA	
LEITURAS	1	316,74	317,14	311,34	316,74	318,94	314,94	317,34	313,34	317,14	310,34	312,74
	2	318,34	315,14	316,54	315,54	315,94	315,94	317,94	323,54	317,14	317,14	316,34
	3	321,94	313,74	314,74	313,14	312,94	317,34	316,74	324,94	316,74	322,94	321,74
	4	318,14	316,14	313,54	313,14	316,34	319,14	314,54	317,34	319,94	316,34	317,54
	5	316,74	322,34	317,14	313,74	317,14	323,54	317,14	315,14	323,54	318,14	314,34
MÉDIA	318,42	316,9	314,66	314,46	316,26	318,18	316,74	318,94	317,90	316,98	316,54	316,86
Amplitude R	5,2	8,6	5,8	3,6	6,0	8,6	3,4	11,2	8,6	12,6	9,0	5,0
HORA	10:00	10:10	10:20	10:30	10:40	10:50	11:00	11:10	11:20	11:30	11:40	11:50

X: 316,93 LSC: 324,17 LIC: 312,69

GRÁFICO X



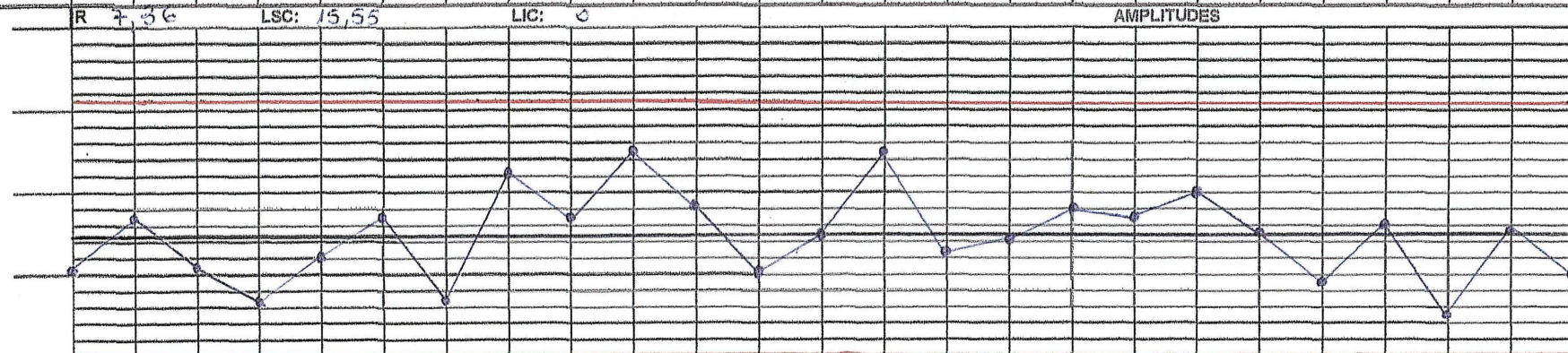
LSC

LM

LIC

R 7,36 LSC: 15,55 LIC: 0

GRÁFICO R

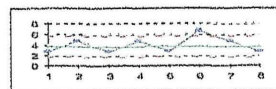


LSCr

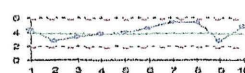
LM

LICr

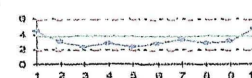
1- Pontos fora dos limites de controle.



2- Tendência. 07 pontos consecutivos para cima ou para baixo.



3- Corrida. 07 pontos consecutivos abaixo ou acima da média.



DATA HORA COMENTÁRIOS

**ANEXO IV – CARTA DE CONTROLE DO PRODUTO Y APÓS AÇÕES
IMPLANTADAS**

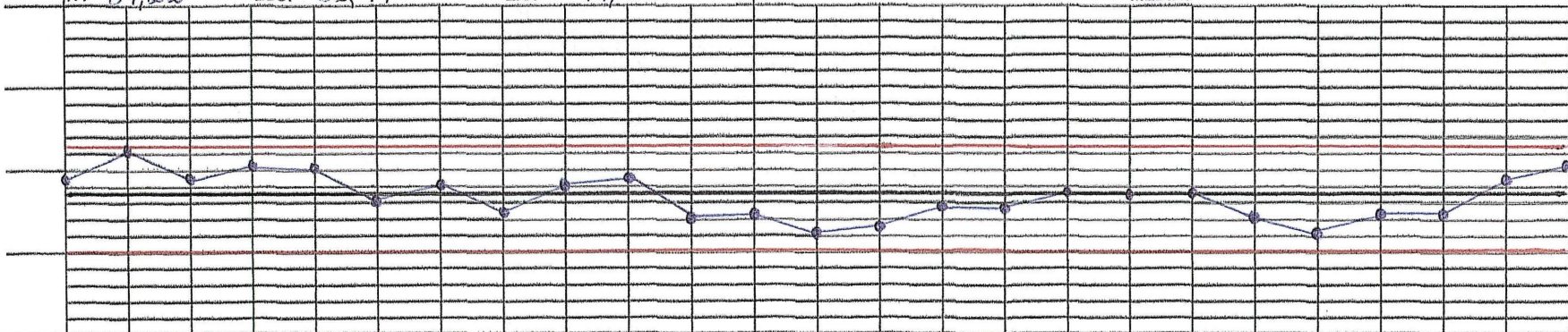
CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO

DATA	HORA INICIO			PRODUTO								ALVO		MAQU. OU EQUIP						LINHA		OPERADOR			
25/05/09	12:30h			Y								50g		C04						01		ELISETE			
LEITURAS	1	51,97	51,77	50,77	52,17	51,17	51,37	50,37	50,37	51,57	50,97	51,17	51,57	50,97	51,17	51,37	50,77	50,17	50,37	49,97	50,57	50,57	51,37	51,17	51,77
	2	49,97	51,37	51,57	51,17	51,17	51,77	51,57	50,37	52,37	50,97	49,57	50,17	48,97	48,77	50,77	51,17	52,37	48,77	50,77	49,57	47,17	52,37	52,37	52,57
	3	51,37	52,97	51,37	53,17	53,17	48,57	51,17	49,37	49,77	50,17	50,57	50,57	49,77	50,17	50,57	50,37	52,57	52,97	53,17	52,37	50,97	50,77	50,77	52,57
	4	53,37	52,37	52,77	52,17	50,97	52,97	53,37	52,77	50,17	53,17	51,97	50,47	49,57	51,17	49,97	50,37	50,37	51,57	50,97	51,17	51,17	51,57	50,97	51,17
	5	52,37	51,57	52,37	51,77	53,57	50,37	51,57	51,37	52,77	53,37	49,77	51,17	50,97	50,77	51,37	51,57	50,37	52,37	50,97	49,57	50,17	48,97	48,77	51,17
MÉDIA	51,81	52,61	51,81	52,29	52,01	51,01	51,61	50,85	51,33	51,73	50,61	50,71	50,17	50,37	50,97	50,97	51,29	51,17	51,25	50,53	50,01	50,85	50,73	51,85	52,13
Amplitude R	3,4	3,2	2,2	2,0	2,6	3,2	3,0	3,4	3,0	3,2	2,4	1,0	2,6	2,4	1,8	1,2	2,2	4,2	2,8	2,8	4,0	3,4	3,6	1,4	
HORA	12:30	12:40	12:50	13:00	13:10	13:20	13:30	13:40	13:50	14:00	14:10	14:20	14:30	14:40	14:50	15:00	15:10	15:20	15:30	15:40	15:50	16:00	16:10	16:20	

X: 51,22 LSC: 52,77 LIC: 49,66

MÉDIAS

GRÁFICO X

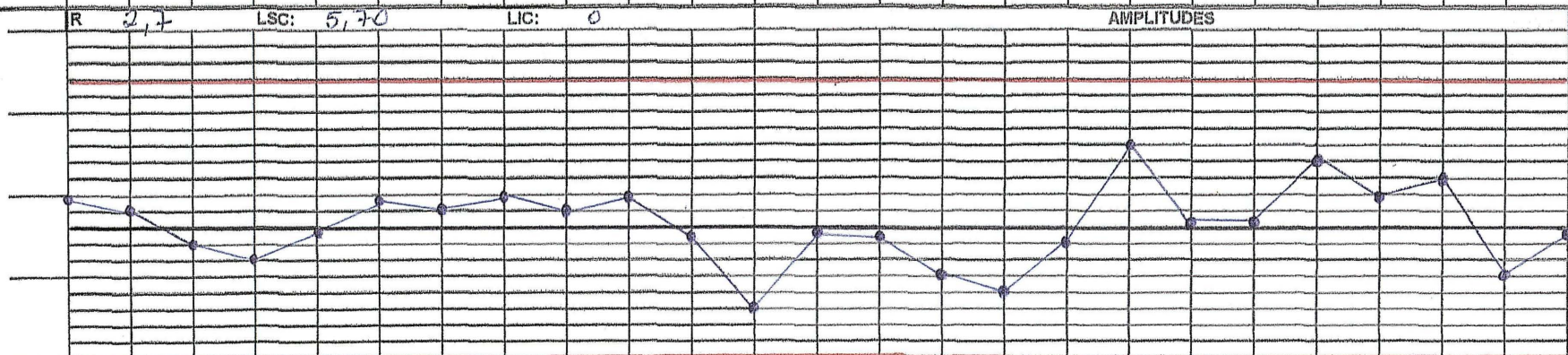


LSC
LM
LIC

R 2,7 LSC: 5,70 LIC: 0

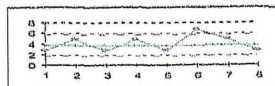
AMPLITUDES

GRÁFICO R



LSC_R
LM
LIC_R

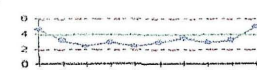
1- Pontos fora dos limites de controle.



2- Tendência. 07 pontos consecutivos para cima ou para baixo.



3- Corrida. 07 pontos consecutivos abaixo ou acima da média.



DATA

HORA

COMENTÁRIOS

ANEXO V – CODIFICAÇÃO DE AMOSTRAGEM – PLANOS DE INSPEÇÃO DA NORMA NBR 5426

Tamanho do lote			Níveis especiais de inspeção				Níveis gerais de inspeção		
			S1	S2	S3	S4	I	II	III
2	a	8	A	A	A	A	A	A	B
9		15	A	A	A	A	A	B	C
16		25	A	A	B	B	B	C	D
26		50	A	B	B	C	C	D	E
51		90	B	B	C	C	C	E	F
91		150	B	B	C	D	D	F	G
151		280	B	C	D	E	E	G	H
281		500	B	C	D	E	F	H	J
501		1200	C	C	E	F	G	J	K
1201		3200	C	D	E	G	H	K	L
3201		10000	C	D	F	G	J	L	M
10001		35000	C	D	F	H	K	M	N
35001		150000	D	E	G	J	L	N	P
150001		500000	D	E	G	J	M	P	Q
Acima de 500001			D	E	H	K	N	Q	R

FONTE: ABNT, 1985 (a)

ANEXO VI – PLANO DE AMOSTRAGEM SIMPLES - NORMAL

Código de amostras	Tamanho de amostras	Nível de Qualidade Aceitável – NQA							
		2,5		4,0		6,5		10	
		Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re	Ac	Re
A	2	0	1	0	1	0	1	0	1
B	3	0	1	0	1	0	1	0	1
C	5	0	1	0	1	0	1	1	2
D	8	0	1	0	1	1	2	2	3
E	13	0	1	1	2	2	3	3	4
F	20	1	2	2	3	3	4	5	6
G	32	2	3	3	4	5	6	7	8
H	50	3	4	5	6	7	8	10	11
J	80	5	6	7	8	10	11	14	15
K	125	7	8	10	11	14	15	21	22
L	200	10	11	14	15	21	22	21	22
M	315	14	15	21	22	21	22	21	22
N	500	21	22	21	22	21	22	21	22
P	800	21	22	21	22	21	22	21	22
Q	1.250	21	22	21	22	21	22	21	22
R	2.000	21	22	21	22	21	22	21	22

FONTE: ABNT, 1985 (b)

ANEXO VII – FATORES PARA CONTRUÇÃO DOS GRÁFICOS DE CONTROLE PARA VARIÁVEIS

n	Gráfico para a Média			Gráfico para o Desvio Padrão						Gráfico para a Amplitude						
	Fatores para os Limites de Controle			Fatores para a Linha Central		Fatores para os Limites de Controle				Fatores para a Linha Central		Fatores para os Limites de Controle				
	A	A ₂	A ₃	c ₄	1/c ₄	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	d ₂	1/d ₂	d ₃	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
2	2,121	1,880	2,659	0,7979	1,2533	0	3,627	0	2,606	1,128	0,8865	0,953	0	3,686	0	3,267
3	1,732	1,023	1,954	0,8862	1,1284	0	2,568	0	2,276	1,693	0,5907	0,888	0	4,358	0	2,575
4	1,500	0,729	1,628	0,9213	1,0854	0	2,266	0	2,088	2,059	0,4857	0,880	0	4,698	0	2,282
5	1,342	0,577	1,427	0,9400	1,0638	0	2,089	0	1,964	2,326	0,4299	0,864	0	4,918	0	2,115
6	1,225	0,483	1,287	0,9515	1,0510	0,030	1,970	0,029	1,874	2,534	0,3946	0,848	0	5,078	0	2,004
7	1,134	0,419	1,182	0,9594	1,0423	0,118	1,882	0,113	1,806	2,704	0,3698	0,833	0,204	5,204	0,076	1,924
8	1,061	0,373	1,099	0,9650	1,0363	0,185	1,815	0,179	1,751	2,847	0,3512	0,820	0,388	5,306	0,136	1,864
9	1,000	0,337	1,032	0,9693	1,0317	0,239	1,761	0,232	1,707	2,970	0,3367	0,808	0,547	5,393	0,184	1,816
10	0,949	0,308	0,975	0,9727	1,0281	0,284	1,716	0,276	1,669	3,078	0,3249	0,797	0,687	5,469	0,223	1,777
11	0,905	0,285	0,927	0,9754	1,0252	0,321	1,679	0,313	1,637	3,173	0,3152	0,787	0,811	5,535	0,256	1,744
12	0,866	0,266	0,886	0,9776	1,0229	0,354	1,646	0,346	1,610	3,258	0,3069	0,778	0,922	5,594	0,283	1,717
13	0,832	0,249	0,850	0,9794	1,0210	0,382	1,618	0,374	1,585	3,336	0,2998	0,770	1,025	5,647	0,307	1,693
14	0,802	0,235	0,817	0,9810	1,0194	0,406	1,594	0,399	1,563	3,407	0,2935	0,763	1,118	5,696	0,328	1,672
15	0,775	0,223	0,789	0,9823	1,0180	0,428	1,572	0,421	1,544	3,472	0,2880	0,756	1,203	5,741	0,347	1,653
16	0,750	0,212	0,763	0,9835	1,0168	0,448	1,552	0,440	1,526	3,532	0,2831	0,750	1,282	5,782	0,363	1,637
17	0,728	0,203	0,739	0,9845	1,0157	0,466	1,534	0,458	1,511	3,588	0,2787	0,744	1,356	5,820	0,378	1,622
18	0,707	0,194	0,718	0,9854	1,0148	0,482	1,518	0,475	1,496	3,640	0,2747	0,739	1,424	5,856	0,391	1,608
19	0,688	0,187	0,698	0,9862	1,0140	0,497	1,503	0,490	1,483	3,689	0,2711	0,734	1,487	5,891	0,403	1,597
20	0,671	0,180	0,680	0,9869	1,0133	0,510	1,490	0,504	1,470	3,735	0,2677	0,729	1,549	5,921	0,415	1,585
21	0,655	0,173	0,663	0,9876	1,0126	0,523	1,477	0,516	1,459	3,778	0,2647	0,724	1,605	5,951	0,425	1,575
22	0,640	0,167	0,647	0,9882	1,0119	0,534	1,466	0,528	1,448	3,819	0,2618	0,720	1,659	5,979	0,434	1,566
23	0,626	0,162	0,633	0,9887	1,0114	0,545	1,455	0,539	1,438	3,858	0,2592	0,716	1,710	6,006	0,443	1,557
24	0,612	0,157	0,619	0,9892	1,0109	0,555	1,445	0,549	1,429	3,895	0,2567	0,712	1,759	6,031	0,451	1,548
25	0,600	0,153	0,606	0,9896	1,0105	0,565	1,435	0,559	1,420	3,931	0,2544	0,708	1,806	6,056	0,459	1,541